



**TESIS - KI 142502**

**OPTIMASI NYALA LAMPU PENGATUR LALU LINTAS DENGAN  
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA**

**HERU TRI AHMANTO  
5114201053**

**DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, M.Sc.**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN DASAR TERAPAN KOMPUTASI  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

*[Halaman sengaja di kosongkan]*

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Komputer (M.Kom.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:

HERU TRI AHMANTO

Nrp. 5114201053

Dengan judul :  
Optimasi Nyala Lampu Pengatur Lalu Lintas dengan menggunakan Algoritma  
Genetika

Tanggal Ujian : 18-01-2017  
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh:

Prof.Dr.Ir.Joko Lianto Buliali, M.Sc  
NIP. 196707271992031002

(Pembimbing 1)

Dr. Darlis Heru Murti, S.Kom, M.Kom  
NIP. 197712172003121001

(Penguji 1)

Victor Hariadi, S.Si., M.Kom  
NIP. 196912281994121001

(Penguji 2)

Bilqis Amaliah, S.Kom, M.Kom  
NIP. 197509172001122002

(Penguji 3)



Dekan Fakultas Teknologi dan Informasi

Dr.H. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom  
NIP. 197208091995121001

*[halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **Optimasi Nyala Lampu Pengatur Lalu Lintas dengan Menggunakan Algoritma Genetika**

Nama mahasiswa : Heru Tri Ahmanto  
NRP : 5114201053  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali., M.Sc

### **ABSTRAK**

Di era modern pertumbuhan penduduk semakin meningkat, dengan meningkatnya jumlah penduduk maka meningkat pula pengguna alat transportasi sehingga menyebabkan kemacetan di jalan raya. Persimpangan jalan merupakan konsentrasi permasalahan lalu lintas yang menjadi salah satu penyebab utama kemacetan lalu lintas di perkotaan hal ini karena persimpangan merupakan tempat berpindahnya mobil dari ruas jalan satu ke ruas jalan yang lainnya.

Lampu pengatur lalu lintas merupakan lampu yang digunakan untuk menertibkan pengguna jalan yang melintasi persimpangan jalan, tetapi kebanyakan lampu pengatur lalu lintas tidak berjalan secara optimal karena pembagian jatah lampu untuk masing-masing ruas tidak optimal sehingga menyebabkan kemacetan lalu lintas.

Pada penelitian ini diusulkan sebuah metode Algoritma Genetika untuk optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan tujuan mendapatkan kombinasi nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal pada masing-masing ruas jalan berdasarkan rata – rata total jumlah mobil yang mampu melewati persimpangan sehingga diharapkan mampu mengurangi kemacetan di jalan raya. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 3 skenario, skenario 1 menghasilkan nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal pada masing-masing ruas jalan yaitu ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 49 detik waktu hijau dan 55 detik waktu merah, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 55 detik waktu hijau dan 49 detik waktu merah dengan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 81 mobil, skenario 2 nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 56 detik waktu hijau dan 54 waktu merah, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 54 detik waktu hijau dan 56 waktu merah dengan total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 95 mobil, skenario 3 nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal yaitu ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 60 detik waktu hijau dan 49 detik waktu merah, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 49 detik waktu hijau dan 60 detik waktu merah dengan total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 87 mobil.

**Kata Kunci:** Optimasi, Persimpangan, Lampu pengatur Lalu Lintas, Algoritma Genetika

*[halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **OPTIMIZATION TRAFFIC LIGHT BY USING GENETIC ALGORITHM (GA)**

Nama mahasiswa : Heru Tri Ahmanto  
NRP : 5114201053  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali.,M.Sc

## **Abstract**

The increasing of population growth in the modern era caused the means of transport also increase which causes congestion on the highway. Traffic lights is one of the traffic signs used to regulate people who crossing the intersection, but most of the traffic lights are not running optimally which causing the traffic congestion.

Traffic lights is of the traffic signs used to regulate road users crossing the intersection, but most of the traffic lights are not running optimally because the rations lights for each roads not optimal, causing traffic jams.

In this study proposed a method of genetic algorithm for optimization of the traffic lights in order to get a combination of the traffic lights are optimal on each road segment based on the total number of cars were able to pass through the intersection turn is expected to reduce congestion on the highway. Testing was conducted using three scenarios, scenario 1 produces lights optimal on each road segment, namely roads 1 and roads 3 for 49 seconds for green time and 55 seconds for red time, roads 2 and the road 4 for 55for green time and 49 second for red timewith means total number of cars passing through the intersection of as many as 81 cars, scenario 2, namely roads 1 and roads 3 for 56seconds for green time and 54 seconds for red time, roads 2 and the road 4 for 54seconds for green time and 56 seconds for red time with meantotal number of cars passing through the intersection of as many as 95 cars, scenario 3, roads 1 and roads 3 for 60 seconds for green time and 49 seconds for red time , roads 2 and the road 4 for 49seconds for green time and 60 second for red timewith mean total number of cars passing through the intersection of as many as 87.

**Keywords:** Optimization, Intersections, Traffic Light, Genetic Algorithm

*[halaman ini sengaja dikosongkan]*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tesis yang berjudul “Optimasi Nyala Lampu Pengatur Lalu lintas Dengan Menggunakan Algoritma Genetika.

Pengerjaan Tesis ini merupakan suatu kesempatan yang sangat berharga bagi penulis, karena dengan mengerjakan Tesis ini, penulis bisa memperdalam, meningkatkan, serta mengimplementasikan apa yang telah didapatkan penulis selama menempuh perkuliahan di Pasca Sarjana Teknik Informatika ITS.

Terselesaikannya buku Tesis ini, tidak terlepas dari bantuan dan dukungan semua pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik.
2. Bapak Sutrisno (alm) dan Ibu Sri Suciati, selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan agar selalu diberikan kelancaran dan kemudahan dalam menyelesaikan Tesis ini. Serta menjadi motivasi terbesar untuk mendapatkan hasil yang terbaik.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan kepercayaan, motivasi, bimbingan, nasehat, perhatian serta semua bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan Tesis ini.
4. Bapak Dr. Darlis Heru Murti., S.Kom, M.Kom, Bapak Victor Hariadi, S.Si., M.Kom dan Ibu Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, arahan, dan koreksi dalam pengerjaan Tesis ini.
5. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom., M.Eng., PhD selaku ketua program pascasarjana Teknik Informatika ITS, Ibu Dr. Chastine Fathicha, S.Kom., M.Eng selaku sekretaris jurusan pascasarjana Teknik Informatika ITS.

6. Mbak Lina, Mas Kunto dan segenap staf Tata Usaha yang telah memberikan segala bantuan dan kemudahan kepada penulis selama menjalani kuliah di Teknik Informatika ITS.
7. Kakakku Tuti Sugiarti, Robilina (alm) dan saudara kembar saya Heri Tri Ahmadi, yang selalu memberi semangat, doa, dukungan dan hiburan kepada penulis.
8. Rekan-rekan satu pembimbing, Agri, Rina, Dasrit, Ibu Evi, Pak Endyk, Pak Yazdi, Pak Tora, dan Pak Mudjahidin yang bersedia meluangkan waktu untuk berdiskusi dan selalu memberikan semangat, saran, serta memotivasi kepada penulis.
9. Rekan seperjuangan penerima beasiswa Pra S2-S2 Saintek Dikti, yang bersama-sama dalam satu perjuangan untuk segera lulus dan mengabdikan di institusi masing-masing.
10. Rekan-rekan angkatan 2014 Pasca Sarjana Teknik Informatika ITS yang telah menemani dan memberikan bantuan serta motivasi untuk segera menyelesaikan Tesis ini.
11. Juga tidak lupa kepada semua pihak yang belum sempat disebutkan satu per satu disini yang telah membantu terselesaikannya Tesis ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Sehingga dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, .....

Penulis

# DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL .....   | i       |
| HALAMAN PENGESAHAN .....  | iii     |
| ABSTRAK .....   | v       |
| ABSTRACT .....  | vii     |
| KATA PENGANTAR .....  | ix      |
| DAFTAR ISI .....  | xi      |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xiii    |
| DAFTAR TABEL.....   | xv      |
| BAB 1. PENDAHULUAN .....  | 1       |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1       |
| 1.2 Permasalahan .....  | 4       |
| 1.3 Batasan Masalah .....   | 4       |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....   | 5       |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....   | 5       |
| 1.6 Kontribusi .....  | 5       |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....   | 5       |
| BAB2. TINJAUAN PUSTAKA.....   | 7       |
| 2.1 Persimpangan .....  | 7       |
| 2.2 Lampu Pengatur Lalu Lintas .....  | 9       |
| 2.1.1 <i>Fixed Traffic Light Signal</i> .....                                     | 12      |
| 2.1.2 <i>Actuated Traffic Signal</i> .....  | 12      |
| 2.3 Paramete Pengatur nyala lampu lalu Lintas .....                               | 13      |
| 2.4 Gerak.....  | 13      |
| 2.4.1 Gerak Lurus Beraturan .....   | 13      |
| 2.4.2 Gerak Lurus Berubah Bearturan .....   | 14      |
| 2.5 Algoritma Genetika .....  | 17      |
| BAB 3. METODE PENELITIAN .....  | 23      |
| 3.1 Tahapan Penelitian.....   | 23      |
| 3.2 Studi Literatur .....   | 23      |
| 3.3 Rancangan Penelitian .....  | 23      |
| 3.3.1 Model Pergerakan Mobil dengan Microsoft excel dan <i>crystal ball</i> ..... | 24      |
| 3.3.2 Verifikasi model pergerakan mobil dengan <i>Sensitivity Index</i> .....     | 32      |
| 3.3.3 Uji Korelasi dengan SPSS .....  | 39      |
| 3.3.4 Uji Linearitas dengan R.....  | 40      |
| 3.3.5 Algoritma Genetika .....  | 44      |
| 3.4 Skenario Penelitian.....  | 46      |
| 3.4.1 Skenario 1.....   | 46      |
| 3.4.2 Skenario 2 .....  | 47      |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.4.3 Skenario 3 .....                         | 47        |
| <b>BAB 4. HASIL UJI COBA DAN EVALUASI.....</b> | <b>49</b> |
| 4.1 Implementasi Penelitian.....               | 49        |
| 4.2 Uji Coba.....                              | 49        |
| 4.2.1 Hasil uji coba Skenario 1.....           | 49        |
| 4.2.2 Hasil Uji Coba Skenario 2.....           | 58        |
| 4.2.2 Hasil Uji Coba Skenario 3.....           | 66        |
| 4.3 Analisis Hasil Uji Coba.....               | 75        |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>       | <b>79</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                            | 79        |
| 5.2 Saran.....                                 | 79        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                    | <b>81</b> |
| <b>.LAMPIRAN .....</b>                         | <b>83</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1.3-Road Junction, 4-Road Junction (Visit & Jaturabby, 2007 ).. | 7       |
| Gambar 2.2. Persimpangan Jalan Sebidang (Morlo, E,k, 1991) .....         | 8       |
| Gambar 2.3. Simpang Jalan Susun Bebas Hambatan(Morlo,E,K,1991) .....     | 9       |
| Gambar 2.4. Lampu Pengatur Lalu Lintas .....                             | 10      |
| Gambar 2.5. Grafik Hubungan Kecepatan dan Jarak Tempuh (GLB) .....       | 14      |
| Gambar 2.6. Grafik Hubungan Jarak Tempuh dan Waktu tempuh (GLB) .....    | 14      |
| Gambar 2.7. Grafik Hubungan Kecepatan dan Jarak Tempuh (GLBB).....       | 16      |
| Gambar 2.8. Grafik Hubungan Jarak Tempuh dan waktu tempuh (GLBB) .....   | 17      |
| Gambar2.9. Algoritma Genetika (David Gilberg).....                       | 17      |
| Gambar2.10. <i>Cross Over Genetic Algorithm</i> (Abbas&Arif,2006).....   | 19      |
| Gambar2.11. <i>Siklus Genetic Algorithm</i> Zbigniew michalewicz).....   | 20      |
| Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....                                | 23      |
| Gambar 3.2. Rancangan Penelitian .....                                   | 24      |
| Gambar 3.3. Persimpangan Studi Kasus .....                               | 25      |
| Gambar 3.4 Representase sistem untuk 1 Ruas Jalan .....                  | 26      |
| Gambar 3.5 Output uji korelasi .....                                     | 40      |
| Gambar 4.1 Jumlah mobil yang melewati persimpangan(skenario 1).....      | 57      |
| Gambar 4.2 Jumlah mobil yang melewati persimpangan (skenario 2).....     | 65      |
| Gambar 4.3 Jumlah Mobil yang melewati persimpangan (skenario 3) .....    | 74      |

[ halaman ini sengaja dikosongkan]

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 3.1. Model Pergerakan Mobil 1 ruas jalan .....  | 29      |
| Tabel 3.2. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang start mobil jalan 2 ( antara 1 detik sampai 3 detik) .....      | 30      |
| Tabel 3.3. Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan berbagai macam rentang start mobil jalan dan waktu hijau 1 ruas jalan ..... | 31      |
| Tabel 3.4. Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan berbagai macam rentang start mobil jalan dan waktu hijau 1 ruas jalan ..... | 31      |
| Tabel 3.5. Hasil perhitungan <i>Sensitivity Indeks</i> .....  | 33      |
| Tabel 3.6. Sensitivity indeks waktu hijau (30-45) detik .....   | 34      |
| Tabel 3.7. Sensitivity indeks waktu hijau (30-60) detik .....   | 34      |
| Tabel 3.8. Sensitivity indeks waktu hijau (45-60) detik .....   | 34      |
| Tabel 3.9. Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan setelah terjadi penurunan waktu hijau .....  | 35      |
| Tabel 3.10. <i>Sensitivity Indeks</i> setelah terjadi penurunan waktu hijau .....   | 36      |
| Tabel 3.11. Sensitivity indeks waktu hijau (13-20) detik .....  | 37      |
| Tabel 3.12. Sensitivity indeks waktu hijau (13-26) detik .....  | 37      |
| Tabel 3.13. Sensitivity indeks waktu hijau (20-26) detik .....  | 37      |
| Tabel 3.14. Rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan sebelum dan sesudah penurunan waktu hijau .....                                     | 38      |
| Tabel 3.15. presentase perubahan sensitivity indeks .....   | 39      |
| Tabel 3.16. Uji Linearitas start mobil jalan terhadap jumlah mobil yang melewati persimpangan .....   | 41      |
| Tabel 3.17. Uji Linearitas waktu hijau terhadap jumlah mobil yang melewati persimpangan .....   | 43      |
| Tabel 3.18. Hasil <i>Fitness Function</i> .....   | 45      |
| Tabel 3.19. <i>Goodness of fit statistic</i> .....  | 46      |
| Tabel 3.20. <i>Skenario 1</i> .....   | 47      |
| Tabel 3.21. <i>Skenario 2</i> .....   | 47      |
| Tabel 3.22. <i>Skenario 3</i> .....   | 47      |
| Tabel 4.1. Inisialisasi Kromosom (Skenario 1) .....   | 50      |
| Tabel 4.2. <i>Fitness</i> (Skenario 1).....   | 51      |
| Tabel 4.3. <i>Elitism</i> (scenario 1).....   | 52      |
| Tabel 4.4. <i>Linear Fitness Ranking</i> (skenario 1) .....   | 52      |
| Tabel 4.5. Probabilitas Kumulatif (Skenario 1).....   | 54      |
| Tabel 4.6. Seleksi rolet dan Pindah silang (Skenario 1) .....   | 55      |
| Tabel 4.7. Pindah silang (Skenario 1) .....   | 55      |
| Tabel 4.8. Kromosom Yang Akan diMutasi (Skenario 1) .....   | 56      |
| Tabel 4.9. Kromosom Hasil Mutasi (Skenario 1) .....   | 57      |
| Tabel 4.10 Hasil <i>Fitness</i> (Skenario 1) .....  | 58      |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.11. Inisialisasi Kromosom (Skenario2) .....   | 58 |
| Tabel 4.12. <i>Fitness Function</i> (Skenario 2) .....  | 60 |
| Tabel 4.13. <i>Elitsm</i> (scenario 2) .....  | 60 |
| Tabel 4.14. <i>Linear Fitness Rangking</i> (skenario 2) .....   | 61 |
| Tabel 4.15. Probabilitas Kumulatif (Skenario 2) .....   | 62 |
| Tabel 4.16. Seleksi rolet (Skenario 2) .....  | 62 |
| Tabel 4.17. Pindah silang (Skenario 2) .....  | 64 |
| Tabel 4.18. Kromosom Yang Akan diMutasi (Skenario 2) .....  | 64 |
| Tabel 4.19. Kromosom Hasil Mutasi (Skenario 2 ) .....   | 65 |
| Tabel 4.20. Hasil <i>Fitness</i> (Skenario 2) .....   | 66 |
| Tabel 4.21. Inisialisasi Kromosom (Skenario3) .....   | 66 |
| Tabel 4.22. <i>Fitness Function</i> (Skenario 3) .....  | 68 |
| Tabel 4.23. <i>Elitsm</i> (scenario 3) .....  | 68 |
| Tabel 4.24. <i>Linear Fitness Rangking</i> (skenario 3) .....   | 69 |
| Tabel 4.25. Probabilitas Kumulatif (Skenario 3) .....   | 70 |
| Tabel 4.26. Seleksi rolet (Skenario 3) .....  | 71 |
| Tabel 4.27. Pindah silang (Skenario 3) .....  | 72 |
| Tabel 4.28. Kromosom Yang Akan diMutasi (Skenario 3) .....  | 72 |
| Tabel 4.29. Kromosom Hasil Mutasi (Skenario 3 ) .....   | 73 |
| Tabel 4.30. Hasil <i>Fitness</i> (Skenario 3 ) .....  | 74 |
| Tabel 4.31. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadshet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 1 ..... | 76 |
| Tabel 4.32. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadshet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 2 ..... | 76 |
| Tabel 4.33. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadshet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 3 ..... | 77 |



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era modern pertumbuhan penduduk semakin lama semakin meningkat, dengan meningkatnya jumlah penduduk maka meningkat pula pengguna alat transportasi. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Kepolisian Republik Indonesia tahun 2013 jumlah mobil meningkat selama kurun empat tahun terakhir antara tahun 2009 sampai dengan tahun 2013, hal ini yang menjadi salah satu penyebab terjadinya kemacetan di jalan raya, Kemacetan juga dipicu dengan meningkatnya jumlah mobil yang melewati persimpangan jalan, menurut Sony S Wibisono (1997) persimpangan adalah lokasi atau daerah dimana dua atau lebih jalan bergabung. Perpindahan mobil yang melewati persimpangan jalan diatur dengan lampu pengatur lalu lintas.

Lampu pengatur lalu lintas merupakan salah satu rambu lalu lintas yang digunakan untuk menertibkan pengguna jalan yang melintasi persimpangan jalan. Lampu pengatur lalu lintas terdiri dari tiga warna yaitu merah, kuning, dan hijau dengan nyala lampu bergantian dengan interval waktu tertentu. Lampu merah merupakan tanda untuk berhenti bagi sebuah pengguna jalan. Lampu kuning mengartikan peringatan bagi pengguna jalan bahwa lampu akan segera berubah warna menjadi warna merah atau warna hijau. Sedangkan warna hijau mengartikan bahwa pengguna jalan dapat melanjutkan perjalanannya dengan aman.

Lama nyala lampu pengatur lalu lintas diatur pada masing-masing ruas jalan untuk menghindari munculnya kemacetan dan kepadatan pada ruas jalan yang terhubung. Namun, terkadang justru muncul kemacetan pada persimpangan jalan tersebut yang disebabkan oleh pembagian waktu nyala lampu pengatur lalu lintas warna hijau yang tidak optimal pada masing-masing ruas jalan, akibatnya jalur yang sedang sepi mobilnya mendapat nyala lampu pengatur lalu lintas warna hijau yang lebih lama dari yang dibutuhkan, sebaliknya pada jalur lain yang padat

mobilnya mendapatkan nyala lampu pengatur lalu lintas warna hijau yang lebih sedikit dari waktu yang dibutuhkan sehingga kemacetan lalu lintas terjadi.

Pada penelitian sebelumnya pada tahun 2013, Buliali et al melakukan penelitian mengenai pengembangan perangkat lunak untuk mendeteksi jenis mobil dan menghitung jumlah mobil di jalan dengan menggunakan transceiver SRF02 menggunakan metode deteksi tepi dan deteksi pola. Hasil penelitian tersebut berupa perangkat lunak yang secara signifikan mampu membedakan dan menghitung jumlah mobil yang ada di jalan raya. Pada tahun 2006, Leeong et al membuat desain nyala lampu pengatur lalu lintas di persimpangan dan dianalisis oleh Kementerian Pekerjaan Umum Malaysia yang didasarkan pada Manual Kapasitas Jalan U.S (U.S. HCM 1994 dan U.S.HCM 1997) serta versi baru U.S. HCM 2000. Metode HCM 2000 merupakan pengembangan dari metode yang dikembangkan oleh Webster dan Cobbe dari Inggris pada tahun 1950an. Penelitian tersebut membuktikan bahwa komponen lalu lintas seperti perilaku pengemudi dan karakteristik jalan di Malaysia berbeda dengan komponen lalu lintas di negara Amerika Serikat maupun di negara Inggris. Pada tahun 2008, Huang, Y-s., & Su, P-j menyajikan pemodelan, analisis, dan implementasi lampu pengatur lalu lintas dengan model *Time Colouring Petri Nets (TCPN)*. Model TCPN memodelkan arus lalu lintas perkotaan dari persimpangan dengan lampu lalu lintas sebagai sistem kejadian diskrit.

Hong & Lo (2006) dalam penelitiannya tentang kerangka keandalan lampu pengatur lalu lintas, mengembangkan metodologi untuk menganalisis *Phase Clearance Reliability (PCR)* pada simpang bersinyal dan menjelaskan kinerja atau performa dari sinyal pengatur lampu lalu lintas yang didasarkan pada arus kedatangan yang tidak bersifat deterministik. Han & Zhang (2008) menyajikan sebuah pendekatan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah mobil di persimpangan secara *real-time* menggunakan kamera, hasilnya adalah skema adaptif lalu lintas yang efisien dapat meningkatkan efisiensi kontrol lalu lintas. Teklu, F (2007) mencoba menyelesaikan permasalahan waktu nyala lampu pengatur lalu lintas untuk lalu lintas jalan di kota Inggris dengan menggunakan Algoritma Genetika, hasil penelitian yaitu total waktu tempuh perjalanan mobil menjadi berkurang secara signifikan.

Martin Kelly (2007) melakukan penelitian desentralisasi lalu lintas mobil yang dikontrol dengan pesan propagansi antar node lalu lintas (persimpangan dan lampu lalu lintas, nilai-nilai yang mengatur simulasi diidentifikasi melalui penggunaan Algoritma Genetika. Yang Caixia et all (2011) melakukan penelitian tentang nyala lampu pengatur lalu lintas dan merancang sistem pengaturan lalu lintas secara real time menggunakan *Support Vector Regression*.

Hsiao-Yutung et all (2014) melakukan penelitian strategi waktu nyala pengatur lampu lalu lintas dengan menggunakan Algoritma Genetika yang dibandingkan dengan metode Ekspektasi Maksimasi, hasil empiris menunjukkan bahwa Algoritma Genetika lebih baik dalam strategi pengaturan waktu nyala pengatur lampu lalu lintas.

Singh, L et all (2009) melakukan penelitian mengenai optimasi waktu lampu pengatur lalu lintas yang bersifat linear dengan menggunakan Algoritma Genetika, yaitu menyajikan strategi kontrol lalu lintas yang dilakukan secara *real time* memberikan kinerja lalu lintas optimal pada persimpangan.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, telah ada penelitian mengenai optimasi waktu pengatur lalu lintas dengan menggunakan Algoritma Genetika yang telah dilakukan oleh Singh, L et all (2009), model *fitness function* yang digunakan untuk optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas bersifat linear yaitu perkalian antara lebar jalan dengan jumlah mobil yang melewati persimpangan pada tiap ruas jalan dibagi dengan waktu hijau yang diberikan. Faktanya, untuk mendapatkan nyala lampu yang optimal tidak hanya terdiri dari tiga variabel tersebut, tetapi terdapat faktor-faktor laen yang mempengaruhi seperti panjang mobil, jarak antar mobil, posisi mobil, percepatan mobil, rentang start mobil jalan dan waktu hijau, data tersebut dapat diperoleh dari pengolahan citra kendaraan yang didapatkan dari kamera lalu lintas yang dipasang di perempatan jalan di persimpangan. Kamera lalu lintas yang dipasang pada tiap ruas jalan di persimpangan berhubungan langsung dengan kontrol *device* lampu pengatur lalu lintas. Faktor-faktor tersebut merupakan komponen formulasi model pergerakan mobil yang menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan pembentukan model *fitness function* dapat dipengaruhi oleh faktor model pergerakan mobil. Pada model pergerakan mobil, variabel waktu hijau berbentuk kuadratik, berdasarkan hal

tersebut maka dibuat penelitian optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas yang bersifat non linear eksponensial, hal ini dikarenakan fungsi eksponensial bersifat eksploratif dan dapat memperkecil rentang start mobil jalan ketika nyala lampu berwarna hijau dibandingkan dengan non linear yang lainnya serta algoritma genetika digunakan untuk proses optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas model pergerakan mobil yang telah dibuat untuk mendapatkan nyala lampu yang optimal berdasarkan rata – rata total jumlah mobil maksimal yang dapat melewati persimpangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas permasalahan yang muncul adalah:

1. Bagaimana membuat model simulasi pergerakan mobil dengan *spreadsheet*.
2. Bagaimana melakukan verifikasi model pergerakan mobil
3. Bagaimana membuat *fitness function* untuk mendapatkan nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal yang digunakan pada Algoritma Genetika.
4. Bagaimana melakukan proses verifikasi nyala lampu pengatur lalu lintas yang diperoleh dari Algoritma Genetika.

## **1.3 Batasan Masalah**

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis kendaraan yang dimodelkan adalah mobil.
2. Persimpangan terdiri dari empat ruas jalan
3. Tidak ada mobil yang saling mendahului satu dengan yang lainnya
4. Jarak antar mobil dibatasi antara 1.0 meter sampai 2.0 meter.
5. Rentang start mobil jalan dibatasi antara 2.0 detik sampai 8.0 detik
6. Percepatan mobil dibatasi antara  $2.0 \text{ m/s}^2$  sampai dengan  $6.0 \text{ m/s}^2$ .
7. Pada suatu waktu ada dua jalur dimana nyala lampu lalu lintas berwarna hijau dan jalur yang lain berwarna merah.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model pergerakan mobil dan mendapatkan model *fitness function* non linear untuk optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan Algoritma Genetika.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada pihak-pihak terkait untuk pengaturan simpang bersinyal agar diperoleh kebijakan nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimum sehingga diharapkan dapat mengurangi kemacetan lalu lintas di jalan raya.

#### **1.6 Kontribusi**

Kontribusi dari penelitian ini yaitu membuat model pergerakan mobil dan membuat model *fitness function* non linear yang digunakan dalam optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan menggunakan Algoritma Genetika sehingga diperoleh nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal di persimpangan jalan.

#### **1.7 Sistematika Penulisan**

Laporan metodologi penelitian ini dibagi dalam beberapa bab, sebagai berikut:

1. Bab I, Pendahuluan, berisi Latar Belakang, Permasalahan, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, Kontribusi, dan Sistematika Penulisan.
2. Bab II, Dasar Teori, akan dibahas dasar-dasar ilmu yang mendukung penelitian tersebut.
3. Bab III, Metodologi.
4. Bab IV, uji coba dan analisis hasil.
5. Bab V, kesimpulan

[halaman ini sengaja kosongkan]

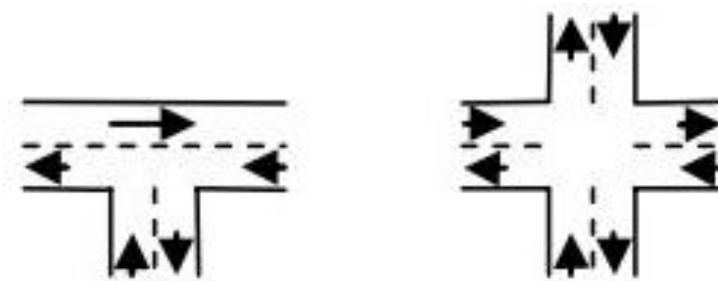
## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dasar teori merupakan semua teori yang diambil dan dipilih berdasarkan kajian pustaka yang melatar belakangi masalah penelitian yang akan dilakukan. Dasar teori ini selanjutnya akan dilakukan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian. Dalam subbab ini diuraikan dasar teori tentang persimpangan, lampu pengatur lalu lintas, parameter pengaturan nyala lampu pengatur lalu lintas, gerak dan Algoritma Genetika.

#### **2.1 Persimpangan**

Persimpangan merupakan tempat bertemunya dua atau lebih jalan dalam satu tempat, persimpangan tidak dapat dipisahkan dari sistem jalan yang ada, menurut Sony S Wibisono (1997) persimpangan adalah lokasi atau daerah dimana dua atau lebih jalan bergabung, berpotongan atau bersilangan. AASHTO (2001). Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau persimpangan termasuk jalan atau fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya. Karena persimpangan digunakan secara bersama-sama maka persimpangan harus dirancang dengan hati-hati dengan mempertimbangkan efisiensi dan keselamatan. Gambar 2.1 merupakan contoh persimpangan dengan tiga ruas jalan dan empat ruas jalan.



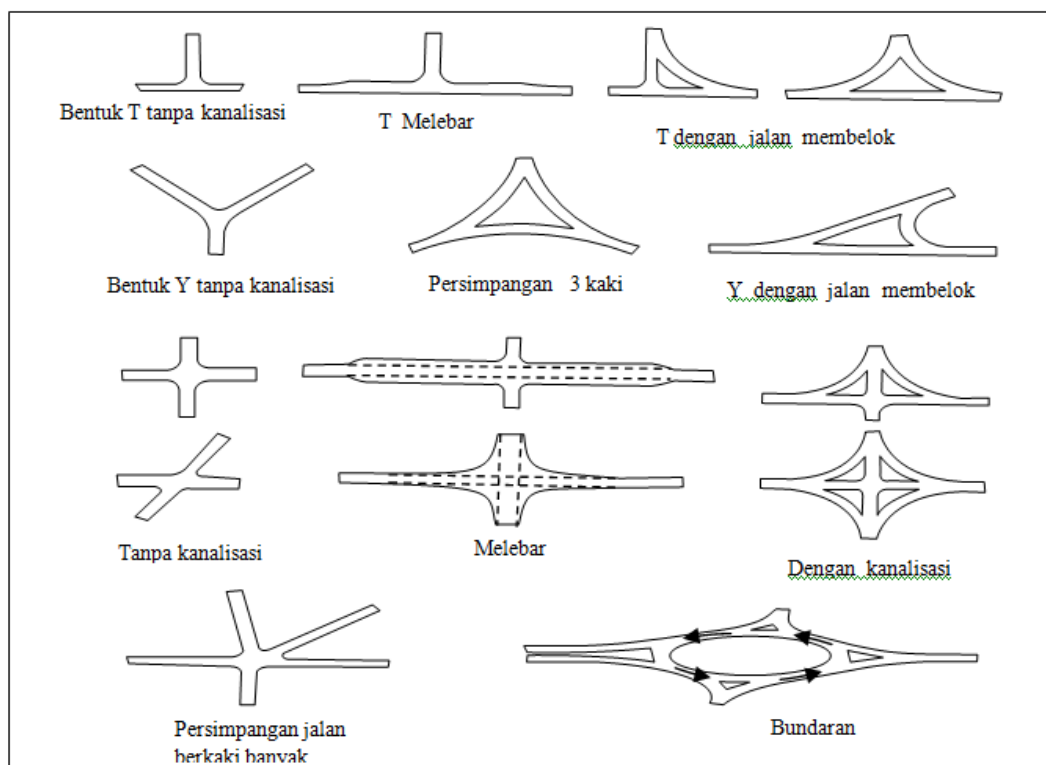
Gambar 2.1. 2 3-road junction and 4-road junction (visit&jaturapith,2007)

Secara garis besar persimpangan dibagi menjadi dua yaitu persimpangan sebidang dan persimpangan tidak sebidang, Persimpangan sebidang pada Gambar

2.2 adalah persimpangan dimana lalu lintas persimpangan masuk dapat berlawanan dengan lalu lintas masuk jalan yang lainnya.

Persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 (dua) bagian :

1. Simpang bersinyal (*signalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan lalu lintasnya diatur oleh lampu pengatur lalu lintas dan diatur secara bergiliran.
2. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*) adalah persimpangan jalan yang pergerakan lalu lintasnya tidak diatur oleh lampu pengatur lalu lintas.

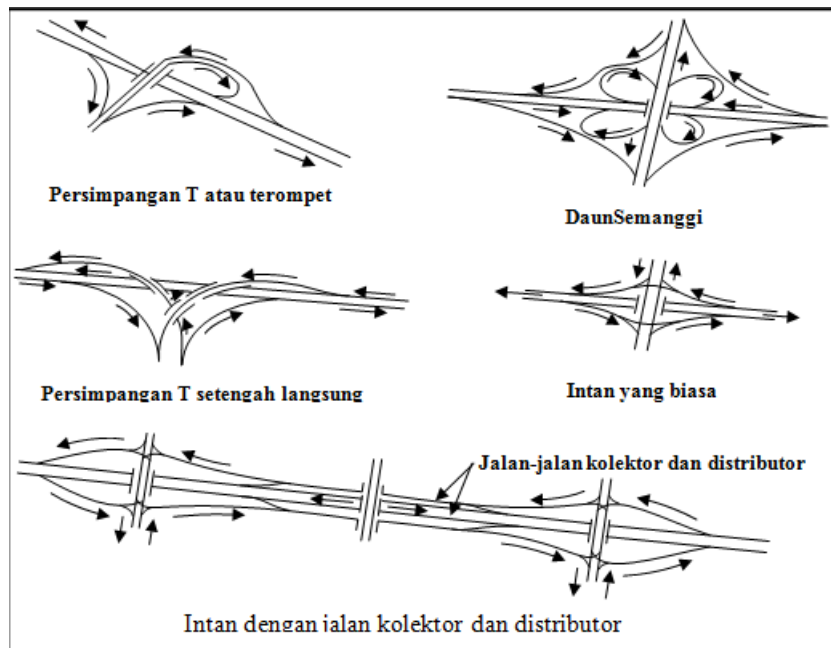


Gambar 2.2. Persimpangan Sebidang

Sedangkan persimpangan tak sebidang pada gambar 2.3 adalah persimpangan dimana pergerakan mobil memasuki jalur yang berbeda sedemikian rupa, sehingga persimpangan jalur dari mobil hanya terjadi pada tempat dimana mobil memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang



mahal. Pertemuan ruas jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang susun disajikan secara visual pada gambar 2.3.



Gambar 2.3.Simpang Jalan Susun Bebas Hambatan (Morlok, E.K, 1991)

## 2.2 Lampu Pengatur Lalu Lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu pengatur lalu lintas. Menurut Khisty (2003), lampu pengatur lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Pengaturan arus lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan mobil pada masing-masing kelompok pergerakan mobil dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar arus yang ada.

Nyala lampu pengatur lalu lintas terdiri dari tiga warna yaitu nyala lampu berwarna merah, kuning dan hijau seperti tampak pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lampu pengatur lalu lintas ([http://1.bp.blogspot.com/-ArMYIVMPeKE/TtmdeFkYLwI/AAAAAAAAVBo/v9MJQLeJ\\_NQ/s1600/LED\\_Traffic\\_Light.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-ArMYIVMPeKE/TtmdeFkYLwI/AAAAAAAAVBo/v9MJQLeJ_NQ/s1600/LED_Traffic_Light.jpg))

Warna nyala lampu berwarna merah menunjukkan bahwa pengguna jalan harus berhenti dengan kata lain pengguna jalan tidak bisa melewati persimpangan jalan, warna kuning mengartikan bahwa pengguna jalan harus bersiap-siap bahwa lampu akan berubah nyala lampu dari merah ke hijau atau sebaliknya, sedangkan nyala lampu berwarna hijau mengartikan bahwa pengguna jalan dapat melanjutkan perjalanannya dengan aman dan lancar.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya berbagai metode dan model dalam sistem pengendalian nyala lampu pengatur lalu lintas telah diterapkan, Kasun J & Janaga Y (2004) melakukan optimasi waktu nyala pengatur lalu lintas dengan menggunakan simulasi, model simulasi mampu mengoptimasi waktu nyala lampu pengatur lalu lintas di persimpangan tunggal seperti keadaan jalan sebenarnya.

Buliali.,Dkk (2013) melakukan penelitian membuat sistem pemantauan dan pengaturan lalu lintas, fokus penelitian ini yaitu pengembangan perangkat lunak untuk mendeteksi jenis mobil dan menghitung jumlah mobil di jalan dengan menggunakan transceiver SRF02 menggunakan metode deteksi tepi dan deteksi pola, hasilnya perangkat lunak ini secara signifikan mampu membedakan dan menghitung jumlah mobilyang ada di jalan raya.

*Leeong et all* (2006), membuat desain nyala lampu pengatur lalu lintas dipersimpangan dan dianalisis oleh Kementrian Pekerjaan Umum Malaysia yang didasarkan pada Manual Kapasitas jalan U.S (U.S. HCM 1994 dan U.S.HCM 1997) serta versi baru U.S. HCM 2000, sebagian besar penelitian ini berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Webser dan Cobbe dari Inggris pada tahun

1950an hasilnya adalah komponen lalu lintas seperti perilaku pengemudi dan karakteristik jalan di Malaysia berbeda dengan komponen lalu lintas di negara Amerika Serikat maupun di negara Inggris. Huang, Y-s., & Su,P-j ( 2008 ) menyajikan pemodelan, analisis, dan implementasi lampu pengatur lalu lintas dengan model *Time Colouring Petri Nets (TCPN)* dimana arus lalu lintas perkotaan dari simpang bersinyal dapat dimodelkan sebagai sistem kejadian diskrit, penelitian ini juga mengusulkan modul dasar model sistem lampu pengatur lalu lintas dapat didesain dengan model *extended*. Kelebihan dari model ini yaitu perilaku sistem dapat diamati dengan jelas.,

Cheng Hu & Yuang (2010) juga mengusulkan skema cerdas pengendalian arus lalu lintas dengan menganalisis detail parameter yang berpengaruh terhadap nyala lampu pengatur lalu lintas, Han & Zhang (2008) menyajikan sebuah pendekatan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah mobil di persimpangan berdasarkan informasi secara *real-time*. Dipti.S et all (2006) menggunakan Neural Network, Yang C,.Dkk (2011) menggunakan Support Vector Regression dan Adam., Dkk (2014) menggunakan Logika Fuzzy Adaptif.

Oglesby (1999) menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu pengatur lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi disebutkan yaitu:

1. Mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur
2. Meningkatkan kapasitas lalu lintas pada perempatan jalan
3. Mengurangi frekuensi jenis kecelakaan tertentu
4. Mengkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan terus pada kecepatan tertentu
5. Memutuskan arus lalu lintas tinggi agar memungkinkan adanya penyeberangan mobil lain atau pejalan kaki,
6. Mengatur penggunaan jalur lalu lintas.

Oglesby (1999) menyebutkan bahwa terdapat hal-hal yang kurang menguntungkan dari lampu pengatur lalu lintas, antara lain yaitu:

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki

2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada pemasangan khusus
3. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.

Berdasarkan cara pengoperasiannya, terdapat dua jenis kendali lampu pengatur lalu lintas pada persimpangan :

1. *Fixed Time Traffic Signals*
2. *Actuated Traffic Signals*

### **2.2.1 *Fixed Time Traffic Signals***

Persimpangan dengan pengaturan waktu lampu pengatur lalu lintas tetap (*Fixed Time Operation*), dalam pengoperasiannya menggunakan waktu siklus dan panjang fase yang diatur terlebih dahulu dan dipertahankan untuk suatu periode tertentu. Panjang siklus dan fase adalah tetap selama interval tertentu, sehingga tipe ini merupakan bentuk pengendalian lampu pengatur lalu lintas yang sederhana.

Pada keadaan tertentu, tipe ini tidak efektif dibandingkan dengan *Real Time* yang ada karena tidak memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi pada lingkungan sekitar seperti volume arus lalu lintas. Untuk kebutuhan pengendalian, lebih baik menggunakan lebih dari satu pengaturan (*multi setting*) untuk situasi yang berbeda dalam satu hari. Pada umumnya periode waktu berhubungan dengan waktu sibuk dalam satu hari yaitu pagi, siang hari dan sore hari.

### **2.2.2 *Actuated Traffic Signal***

Sistem ini mengatur waktu siklus dan panjang fase secara berkelanjutan disesuaikan dengan kedatangan arus lalu lintas setiap saat kemudian ditentukan nilai waktu hijau maksimum dan minimum. Alat detektor dipasang di setiap cabang simpang untuk mendeteksi mobil yang lewat, kemudian data disimpan dalam memori lalu diolah untuk mendapatkan nilai penambahan waktu diatas nilai waktu hijau minimum untuk suatu cabang simpang oleh karena itu sistem pengaturan ini sangat peka terhadap situasi dan sangat efektif jika diterapkan untuk meminimumkan tundaan pada persimpangan tersebut.

### 2.3 Parameter Pengaturan Nyala Lampu Pengatur Lalu Lintas

Beberapa parameter yang dipakai dalam pengaturan sinyal yaitu:

1. Fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas,
2. Waktu siklus atau *cycle* (*c*) adalah waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (*det*),
3. Waktu hijau atau *green* (*g*) adalah fase untuk kendali lalu-lintas aktuasikendaraan, waktu hilang atau *lost time* (*LTI*) adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap (*det*). Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah

### 2.4 Gerak

Suatu benda dapat dikatakan bergerak apabila kedudukan suatu benda terhadap benda lain berubah. Mendefinisikan suatu gerak diperlukan suatu titik acuan, sehingga dapat dikatakan suatu benda yang bergerak adalah benda yang mengalami perubahan kedudukan terhadap titik acuan tertentu. Benda yang bergerak akan melewati titik–titik tertentu. Titik–titik yang dilewati suatu benda ketika bergerak disebut lintasan. Pada saat lintasan yang dilalui suatu benda berbentuk lurus maka gerak yang terjadi dikatakan sebagai gerak lurus.

#### 2.4.1 Gerak Lurus Beraturan

Gerak lurus beraturan dapat didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang menempuh lintasan garis lurus di mana dalam setiap selang waktu yang sama benda menempuh jarak yang sama. Definisi yang lain gerak lurus beraturan adalah gerak suatu benda yang menempuh lintasan garis lurus dengan kelajuan tetap. Kelajuan tetap yang dimaksud yaitu gerak benda selalu tetap dan besar kelajuannya juga tetap. Secara matematis rumus Gerak Lurus Berubah Beraturan adalah sebagai berikut :

$$S = V \cdot T \quad (2.1)$$

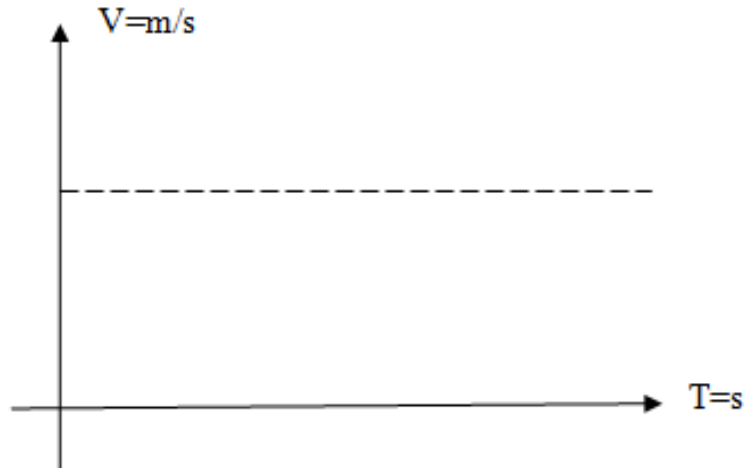
Dimana :

S : Jarak Tempuh (m)

V : Kecepatan ( $\text{m/s}^2$ )

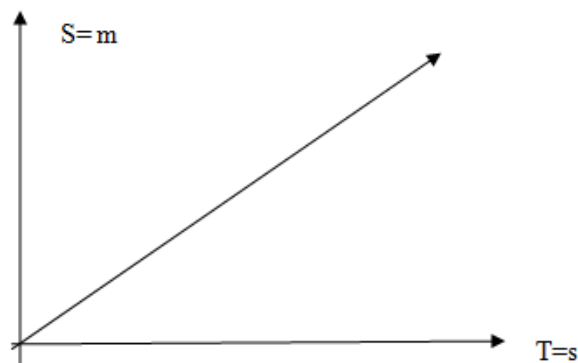
T : Waktu Tempuh (s)

1. Grafik hubungan antara kecepatan terhadap waktu tempuh adalah seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5. Grafik Hubungan Kecepatan Dan Waktu Tempuh(GLB)

2. Grafik hubungan antara jarak tempuh dan waktu tempuh adalah seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6. Grafik Hubungan Jarak Tempuh Dan Waktu TempuhGLB)

### 2.4.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan adalah suatu gerak benda dengan lintasan berupa garis lurus dengan kecepatan yang berubah beraturan setiap saat. Suatu benda melakukan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) jika percepatannya selalu konstan. Percepatan merupakan besaran vektor (besaran yang mempunyai besar dan arah). Percepatan konstan berarti besar dan arah percepatan selalu

konstan setiap saat. Walaupun besar percepatan suatu benda selalu konstan tetapi jika arah percepatan selalu berubah maka percepatan benda tidak konstan. Demikian juga sebaliknya jika arah percepatan suatu benda selalu konstan tetapi besar percepatan selalu berubah maka percepatan benda tidak konstan.

Gerak lurus beraturan dapat didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang menempuh lintasan garis lurus di mana dalam setiap selang waktu yang sama benda menempuh jarak yang sama. Dalam definisi yang lain gerak lurus beraturan adalah gerak suatu benda yang menempuh lintasan garis lurus dengan kelajuan tetap. Kelajuan tetap yang dimaksud adalah gerak benda selalu tetap dan besar kelajuannya juga tetap. Secara Umum Formula untuk Gerak Lurus Berubah beraturan ada tiga yaitu:

$$V_t = V_0 + a \cdot t \quad (2.2)$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.3)$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s \quad (2.4)$$

dimana :

$V_t$ : Kecepatan Akhir (m/s)

$V_0$ : Kecepatan Awal (m/s)

$a$ : Percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

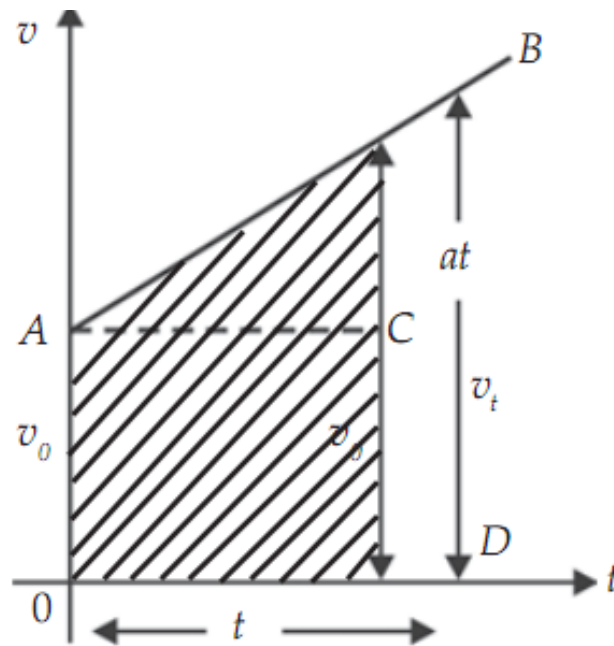
$t$ : Selang Waktu (s)

$s$ : Jarak Tempuh (m)

Grafik hubungan antara kecepatan dan waktu tempuh serta jarak tempuh dan waktu tempuh pada gerak lurus berubah beraturan adalah sebagai berikut:

#### 1. Grafik Kecepatan Dengan Waktu Tempuh

Berdasarkan Persamaan 2.2 Grafik yang dapat dibuat yaitu:



Gambar 2.7. Grafik Kecepatan Dan Waktu Tempuh(GLBB)

Grafik pada gambar 2.7 menunjukkan bahwa perpindahan yang ditempuh benda ( $s$ ) dalam waktu ( $t$ ) sama dengan luas daerah dibawah grafik yang dibatasi oleh sumbu  $v$  dan  $t$  (daerah yang diarsir).

$$S = \text{Luas Trapesium OABD}$$

$$= \text{Luas Segi empat OACD} + \text{luas Segitiga ABC}$$

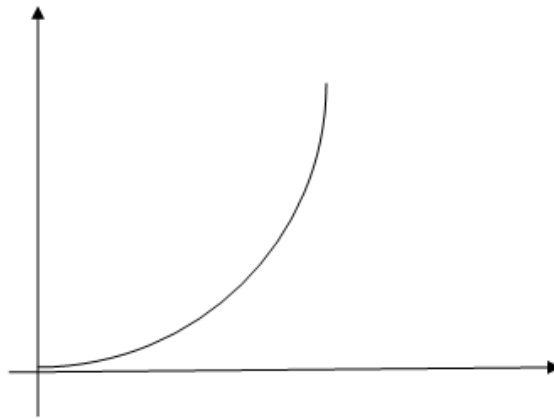
$$= \left( \frac{1}{2} at \cdot t + v_0 \right) \cdot t$$

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (2.5)$$

## 2. Grafik Jarak Tempuh Dan Waktu Tempuh

Berdasarkan persamaan 2.3, dengan  $v_0$  dan  $a$  dianggap konstan maka grafik hubungan antara jarak tempuh dan waktu tempuh yang terlihat pada gambar 2.8 :

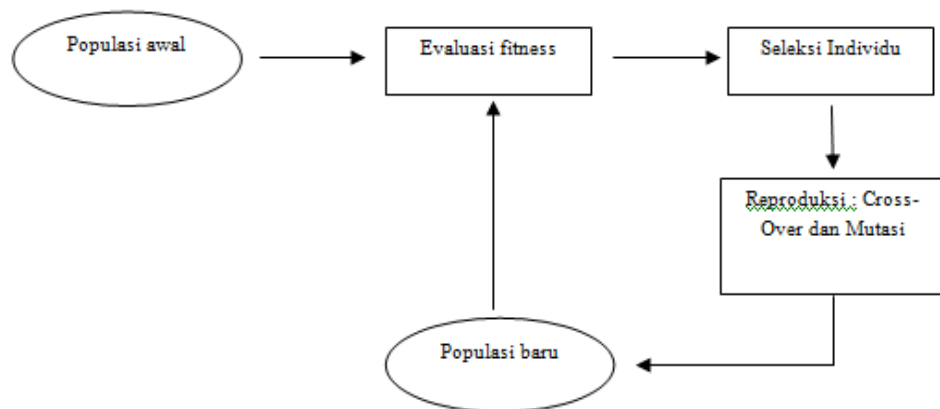




Gambar 2.8. Grafik Hubungan Jarak Tempuh Dan Waktu Tempuh(GLBB)

## 2.5 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika pertama kali diperkenalkan oleh *David Goldberg* dengan siklus yang terlihat pada gambar 2.9 :



Gambar 2.9. Siklus Algoritma Genetika David Golberd

Algoritma Genetika (AG) merupakan teknik pencarian heuristik yang didasarkan pada gagasan evolusi seleksi alam dan genetik (Sutojo dkk., 2011). Algoritma Genetika sebagai salah satu metode optimasi global yang mensimulasikan proses berkembang dari bentuk kehidupan alam. Pertukaran informasi individu pada satu generasi dengan individu lain melalui operator genetik seperti seleksi dan *crossover* sehingga generasi yang baik akan diperoleh. Algoritma Genetika dapat menghindari optimasi lokal dalam proses pencarian

mempunyai keuntungan atas metode pencarian lokal yang umum (Balesstasi dkk.,2009).

Algoritma Genetika dapat mencari ruang solusi yang sangat efisien dengan menyediakan biaya komputasi yang lebih rendah karena algoritma genetika menggunakan aturan transisi probabilistic bukan deterministik dan paling efektif diterapkan untuk masalah di mana perubahan kecil menghasilkan perilaku yang sangat non-linear dalam ruang solusi. Mekanisme Algoritma Genetika sederhana melibatkan tiga tahap: (1) inisialisasi populasi, (2) operator dan (3) evaluasi kromosom.( L.M. Saini dkk., 2009 )

1. Inisialisasi Populasi: Generasi dari populasi awal di Algoritma Genetika biasanya dilakukan secara acak, namun populasi awal harus terdiri dari string dengan urutan valid.
2. Operator :
  - a. Seleksi atau Reproduksi

Konsep utama dalam seleksi yaitu individu dengan *fitness* yang tinggi memiliki peluang yang lebih tinggi untuk bereproduksi lebih banyak daripada individu lain. Seleksi akan menghasilkan keturunan (*offspring*) pada generasi berikutnya. Salah satu jenis seleksi adalah seleksi rolet (*roulette selection*). Langkah awal dalam seleksi rolet yaitu menghitung nilai *fitness*  $f_i (\geq 0)$ , dengan  $i = 1, \dots, N$  untuk setiap kromosom  $i$  dan dijumlahkanyang terlihat pada formula 2.6.

$$\sum_{i=1}^n f_i \quad (2.6)$$

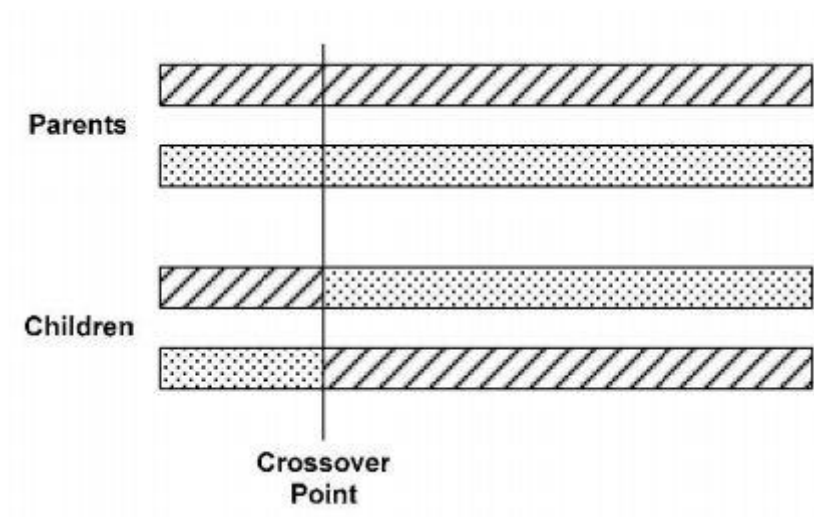
Sehingga diperoleh probabilitas kromosom akan terpilih atau bertahan  $P_i$  yang terlihat pada formula 2.7.

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2.7)$$

Setiap kromosom merupakan potongan dari lingkaran rolet, dengan ukuran yang proporsional terhadap nilai *fitness* kromosom. Selanjutnya lingkaran rolet diputar sebanyak  $N$  kali. Pada setiap putaran, kromosom yang terpilih oleh penunjuk lingkaran rolet menjadi orang tua (*parents*) pada generasi berikutnya.

b. Crossover

*Crossover* adalah proses rekombinasi secara acak terhadap kromosom. Berdasarkan probabilitas, *crossover* menunjukkan pertukaran karakter secara parsial di antara dua kromosom. Salah satu operator *crossover* yang telah dikembangkan dalam komputasi adalah *crossover* satu titik (*one-point*). Prinsip umum dalam *crossover* satu titik adalah memilih satu potongan dalam kromosom parent secara acak untuk kemudian saling ditukarkan yang terlihat gambar 2.10.



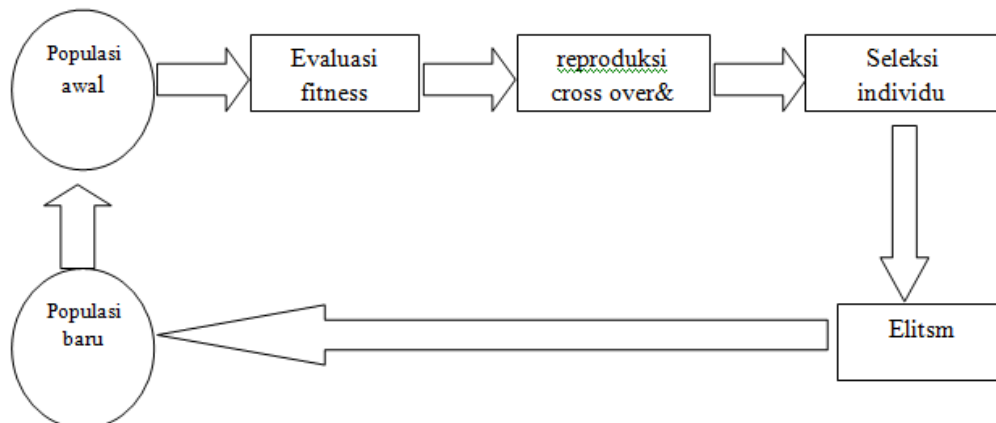
Gambar 2.10. Crossover Genetic Algorithm (Abbas&Arif,2006)

c. Mutasi

Meskipun proses reproduksi dan *crossover* yang menghasilkan banyak kromosom baru, mereka tidak memperkenalkan informasi baru ke dalam populasi pada tingkat bit. Mutasi adalah perubahan sesekali acak dari informasi yang terkandung dalam kromosom. Gen sesekali bermutasi menjadi gen baru dengan probabilitas rendah. Oleh karena itu dalam rangka untuk meniru proses evolusi, proses mutasi memperkenalkan bit untuk bermutasi dengan probabilitas rendah dengan membalik sedikit yang dipilih secara acak dari kromosom.

### 3. Evaluasi Kromosom

Semua individu/kromosom dalam populasi telah ditentukan untuk menjadi layak yang merupakan prioritas operasi dijamin, mereka dapat dievaluasi berdasarkan fungsi *fitness* yang diberikan yang terlihat pada siklus gambar 2.11.



Gambar 2.11. Siklus Genetic Algorithm zbigniew michalewicz

Untuk mengimplementasi Algoritma Genetika, komponen yang digunakan berdasarkan gambar 2.11 sebagai berikut :

#### 1. Teknik *encoding* atau *decoding* gen dan individu

Encoding berguna untuk mengkodekan nilai gen-gen yang diperoleh secara acak. Tiga jenis encoding antara lain: bilangan real, diskrit desimal dan biner. Decoding berguna mengkodekan gen pembentuk individu agar nilainya tidak melebihi jangkauan yang telah ditentukan. Tujuan dari pengkodean yaitu mempermudah perhitungan untuk mencari nilai *fitness* dari setiap kromosom. Pengkodean dilakukan dengan formula 2.8 :

$$X = rb + (ra - rb) g \quad (2.8)$$

X merupakan nilai variabel yang dikodekan yang diperoleh dari *rb* atau batas bawah dari nilai dijumlahkan dengan nilai *ra* atau batas atas dikurangkan dengan nilai batas bawah *rb* kemudian dikalikan dengan jumlah *g* (kode dari suatu gen).

2. Nilai *fitness* menyatakan nilai dari fungsi tujuan. Nilai *fitness* merupakan nilai fungsi jika mencari nilai maksimal tetapi nilai *fitness* akan menjadi nilai invers dari fungsi jika mencari nilai minimal.
3. *Crossover* (pindah silang) hanya bisa dilakukan jika sebuah bilangan random yang dibangkitkan nilainya lebih kecil dari probabilitas tertentu yang diatur mendekati 1.
4. Mutasi dilakukan jika bilangan random yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi yang ditentukan, diatur dengan nilai  $1/N$ , dimana  $N$  adalah jumlah gen dalam individu.
5. Seleksi, merupakan suatu fungsi tertentu yang digunakan pada Algoritma Genetika sering dapat menyebabkan setiap individu mempunyai nilai *fitness* hampir sama. Hal ini dapat mengakibatkan munculnya nilai optimum lokal pada saat proses pemilihan individu. Untuk menghindari konvergen pada solusi optimal lokal, maka dilakukan mekanisme yang dinamakan *linear fitness ranking (LFR)*. Tujuan LFR adalah untuk penskalaan nilai *fitness* menggunakan persamaan formula 2.8.

$$LFR(i) = f_{max} - (f_{max} - f_{min}) \left( \frac{R(i)-1}{N-1} \right) \quad (2.8)$$

Dimana  $LFR(i)$  merupakan nilai LFR ke  $i$  yang didapatkan dari  $f_{max}$  (nilai *fitness* tertinggi) dikurangi  $f_{min}$  (nilai *fitness* terendah) dikalikan dengan  $R(i)$  rangking individu ke- $i$  setelah diurutkan dari nilai *fitness* terbesar hingga terkecil, dan  $N$  adalah jumlah individu dalam populasi. Seleksi juga digunakan untuk memilih dua kromosom atau individu yang akan dijadikan orang tua. Metode seleksi yang digunakan adalah *roulette-wheel* (roda rolet). Metode ini dilakukan dengan cara masing-masing individu menempati potongan lingkaran roda sesuai dengan nilai *fitness*nya.

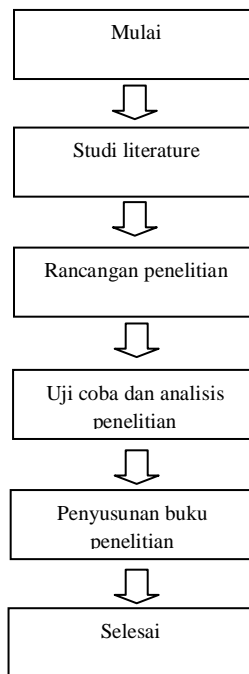


## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Penelitian**

Metodologi penelitian terdiri dari beberapa tahap yang terlihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Tahapan Penelitian**

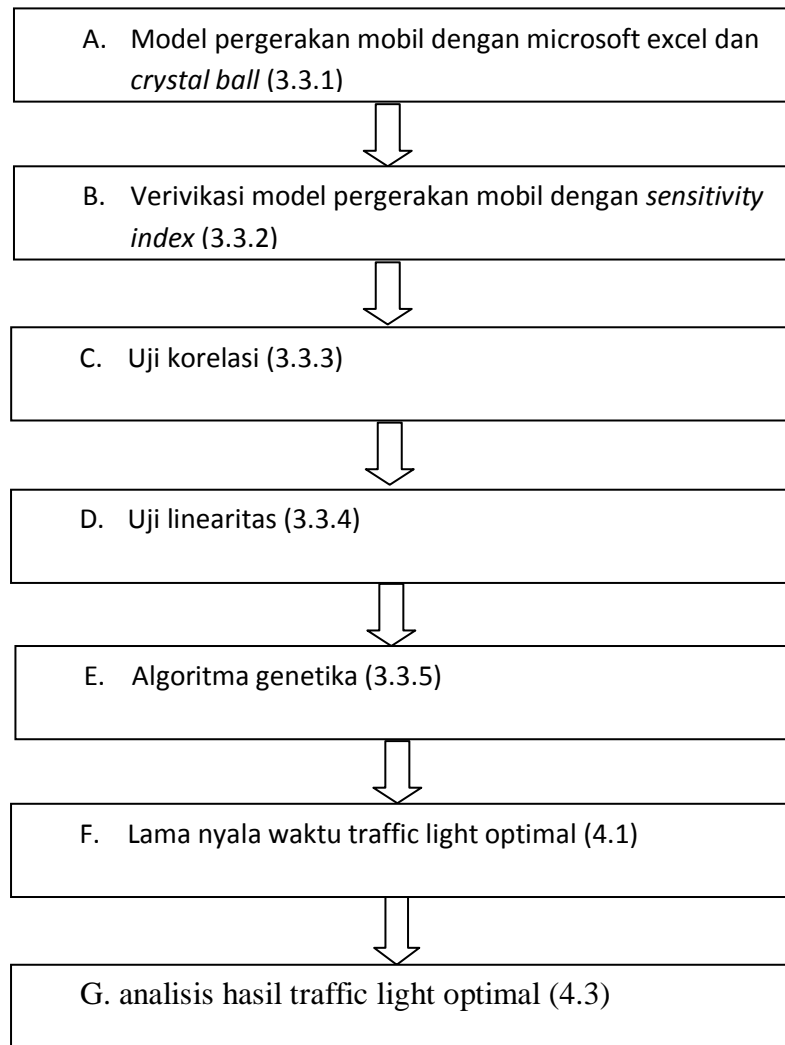
#### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur merupakan tahapan untuk mempelajari konsep, teori, fakta dan mencari informasi yang diperlukan dalam penelitian. Sumber informasi yang diperoleh berasal dari buku, jurnal, dan artikel. Adapun topik yang terkait dengan penelitian saat ini adalah yaitu :

1. *Literature review* tentang optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas
2. Konsep dasar Algoritma Genetika untuk optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas.

#### **3.3 Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian yang dilakukan terlihat dalam gambar 3.2.



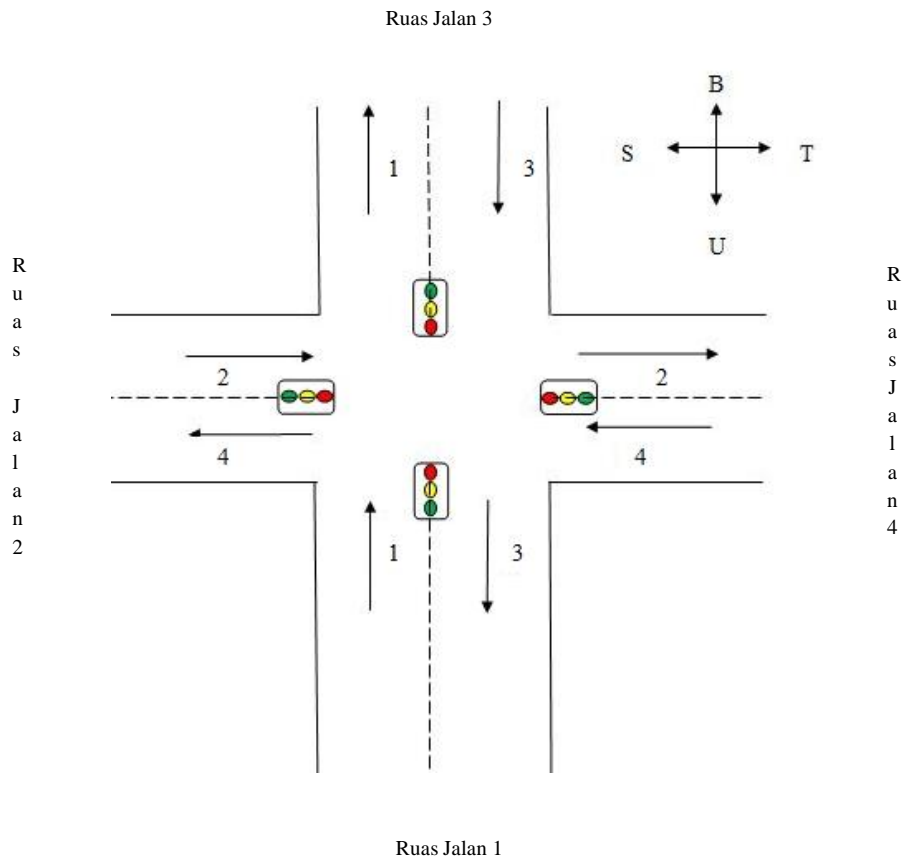
Gambar 3.2. Rancangan Penelitian

Secara umum luaran yang diharapkan dari rancangan penelitian ini adalah sistem yang dapat menghasilkan nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal berdasarkan total rata - rata jumlah mobil maksimum yang mampu melewati persimpangan. Sistem ini menggunakan algoritma genetika untuk proses optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas.

### 3.3.1 Model Pergerakan Mobil

Model pergerakan mobil dibuat untuk mendapatkan jumlah mobil yang melewati persimpangan. Model pergerakan mobil dibuat bermula dari persimpangan yang terlihat pada gambar 3.3.



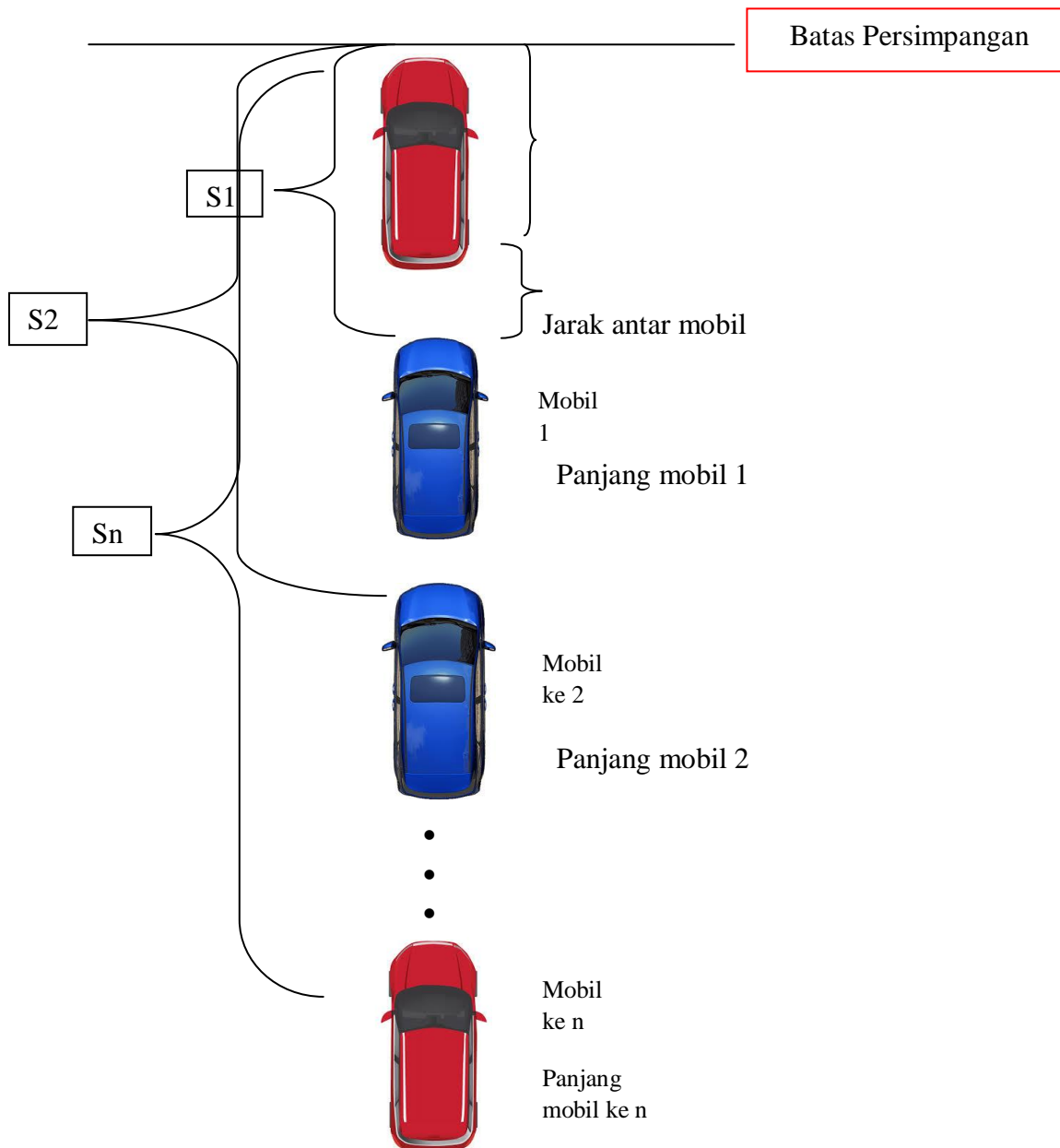


Gambar 3.3. Persimpangan Studi Kasus

Persimpangan jalan terdiri dari ruas jalan 1, ruas jalan 2, ruas jalan 3, dan ruas jalan 4, dengan masing-masing arus lalu lintas berjalan lurus. Arus lalu lintas yang dibuat yaitu:

1. Ruas jalan 1 bergerak lurus menuju ruas jalan 3 begitu juga sebaliknya secara bersamaan.
2. Ruas jalan 2 bergerak lurus menuju ruas jalan 4 begitu juga sebaliknya secara bersamaan.

Gambar 3.4. merupakan bagian representasi persimpangan studi kasus untuk satu ruas jalan.



Gambar 3.4. representasi studi kasus persimpangan untuk satu ruas jalan.

Setiap mobil (mobil ke 1, mobil ke 2, sampai mobil ke n) bergerak menuju ke batas persimpangan dengan menempuh jarak tertentu (S1, S2, sampai ke Sn) menggunakan percepatan (a) dan rentang start mobil jalan yang berbeda selama waktu hijau (t) yang diberikan. Batasan mobil tidak saling mendahului antar satu dengan yang lainnya dan mobil tidak berbelok arah. Jarak yang ditempuh suatu mobil ketika lampu hijau menyala mengikuti pola gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dengan formula:

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (3.1)$$

dimana :

$V_0$ : Kecepatan Awal (m/s)

$a$ : Percepatan ( $\text{m/s}^2$ )

$t$ : Selang Waktu (s)

$s$ : Jarak Tempuh (m)

Model pergerakan mobil dibuat untuk mewakili kondisi nyata lalu lintas dalam sistem pengendali lampu pengatur lalu lintas yang ada di persimpangan, batas persimpangan merupakan tempat dimana kamera pengawas dan lampu pengatur lalu lintas dipasang dengan tinggi tertentu untuk mengetahui kondisi lalu lintas yang ada di persimpangan. Kondisi lalu lintas yang tertangkap oleh kamera pengawas pada saat lampu merah berupa panjang antrian mobil yang ada di sepanjang ruas jalan di persimpangan artinya terdapat berbagai macam jenis dan dimensi (besar kecilnya ukuran) mobil yang ada di dalam antrian di sepanjang ruas jalan di persimpangan seperti mobil sedan, truck dan mobil lainnya.

Saat lampu hijau menyala, mobil yang berada di dalam antrian di sepanjang ruas jalan di persimpangan akan mulai bergerak menuju ke batas persimpangan dengan mobil tidak mendahului satu dengan yang lainnya selama waktu hijau yang diberikan. Pada kenyataannya, pada saat lampu hijau menyala mobil yang memiliki ukuran dimensi lebih besar cenderung lebih lama dalam mencapai batas persimpangan hal ini dikarenakan respon gerak menuju batas persimpangan lebih lambat dibandingkan mobil yang memiliki dimensi yang lebih kecil dalam hal ini yang disebut dengan rentang start mobil jalan..

Selain jenis dan dimensi (besar kecilnya ukuran) mobil, kamera pengawas lalu lintas juga mendapatkan informasi data berupa panjang mobil dan jarak antar mobil pada antrian mobil di sepanjang ruas jalan di persimpangan, informasi data yang diperoleh dari kamera pengawas lalu lintas berupa panjang mobil sepanjang 4 meter terdapat pada kolom A pada tabel 3.1 dan jarak antar mobil antara 1.0 meter sampai dengan 2.0 meter pada kolom B pada tabel 3.1. Berdasarkan informasi tersebut diperoleh posisi mobil pertama dengan mobil kedua memiliki jarak minimal sejauh 5.0 meter dan jarak maksimal sejauh 6.0 meter yang terdapat pada kolom C pada tabel 3.1 dengan cara menambahkan panjang mobil sepanjang

4.0 meter dengan jarak minimum antar mobil sejauh 1.0 meter dan menambahkan jarak maksimum antar mobil sejauh 2.0 meter.

Oleh karena itu agar mobil tidak saling mendahului satu dengan yang lainnya maka jarak tempuh maksimal ketika lampu hijau menyala pada saat detik pertama yaitu kurang dari 5.0 meter sehingga percepatan yang digunakan antar mobil dibatasi antara  $2.0 \text{ m/s}^2$  sampai dengan  $6.0 \text{ m/s}^2$ , hal inilah yang digunakan sebagai dasar dalam penentuan nilai percepatan yang digunakan dalam model simulasi prediksi jumlah mobil yang melewati persimpangan.

Simulasi model prediksi jumlah mobil yang melewati persimpangan pada tabel 3.1. Mobil menempuh jarak untuk melewati persimpangan mengikuti pola gerak lurus berubah beraturan yang terdapat pada kolom J pada tabel 3.1. saat lampu hijau menyala, mobil yang berawal dari keadaan diam dalam antrian akan mulai bergerak menuju ke posisi akhir (pada kolom K pada tabel 3.1 dengan cara mengurangkan posisi awal mobil (pada kolom D di tabel 3.1) dengan jarak tempuh mobil (pada kolom J di tabel 3.1) selama waktu hijau yang diberikan.

Jarak tempuh mobil diperoleh dengan mengalikan percepatan mobil (pada kolom F di tabel 3.1) dengan waktu hijau yang diberikan (pada kolom I di tabel 3.1) lalu dibagi dua sesuai dengan formula 3.1. Jarak yang ditempuh mobil yang bermula pada keadaan diam lalu bergerak memiliki pola gerak lurus berubah beraturan karena mobil yang awalnya dalam keadaan diam dalam antrian memiliki kecepatan  $V_0$  sebesar  $0 \text{ m/s}$  dan bergerak perlahan dengan percepatan masing-masing mobil sebesar  $a \text{ m/s}^2$  ke posisi akhir dengan waktu hijau yang bersifat kuadratik yang diberikan pada kolom I di tabel 3.1. Mobil dikatakan melewati persimpangan jika posisi akhir kurang dari atau sama dengan nol dan jarak tempuh yang dihitung hanya pada saat melewati batas persimpangan. Model pergerakan mobil yang dibuat terlihat pada formula 3.2.

$$\text{Posisi awal mobil} - (v_0 t + \frac{1}{2} a t^2) \leq 0, \text{ Status} = 1; \text{ else} = 0, \quad (3.2)$$

Dimana :

status 1 : mobil dapat melewati persimpangan

status 0 : mobil tidak dapat melewati persimpangan.

Tabel 3.1. Model Pergerakan Mobil1 1 ruas jalan

Waktu nyala lampu hijau = 30 detik

|    | A | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H    | I    | J      | K       | L | M  |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--------|---------|---|----|
| 1  | 4 | 1.4 | 5.4 | 5.4 | 3.4 | 3.4 | 2.6 | 2.6  | 27.4 | 1276.3 | -1270.9 | 1 | 12 |
| 2  | 4 | 1.1 | 5.1 | 11  | 4.3 | 3.4 | 3   | 5.6  | 24.4 | 1012.1 | -1001.6 | 1 |    |
| 3  | 4 | 1.3 | 5.3 | 16  | 4.2 | 3.4 | 1.5 | 7.1  | 22.9 | 891.5  | -875.7  | 1 |    |
| 4  | 4 | 1.2 | 5.2 | 21  | 2.4 | 2.4 | 1.7 | 8.8  | 21.2 | 539.33 | -518.33 | 1 |    |
| 5  | 4 | 1.6 | 5.6 | 27  | 3.3 | 2.4 | 1.2 | 10   | 20   | 480    | -453.4  | 1 |    |
| 6  | 4 | 1.5 | 5.5 | 32  | 5.1 | 2.4 | 2.8 | 12.8 | 17.2 | 355.01 | -322.91 | 1 |    |
| 7  | 4 | 1.5 | 5.5 | 38  | 2.7 | 2.4 | 1.2 | 14   | 16   | 307.2  | -269.6  | 1 |    |
| 8  | 4 | 1.5 | 5.5 | 43  | 4.8 | 2.4 | 2.2 | 16.2 | 13.8 | 228.53 | -185.43 | 1 |    |
| 9  | 4 | 1.6 | 5.6 | 49  | 2.4 | 2.4 | 1.3 | 17.5 | 12.5 | 187.5  | -138.8  | 1 |    |
| 10 | 4 | 1.9 | 5.9 | 55  | 3.6 | 2.4 | 2   | 19.5 | 10.5 | 132.3  | -77.7   | 1 |    |
| 11 | 4 | 1.7 | 5.7 | 60  | 4   | 2.4 | 1.1 | 20.6 | 9.4  | 106.03 | -45.732 | 1 |    |
| 12 | 4 | 1   | 5   | 65  | 2.8 | 2.4 | 2.5 | 23.1 | 6.9  | 57.132 | 8.168   | 0 |    |

Keterangan :

Waktu Nyala Lampu hijau (detik),

Kolom A : Panjang mobil (4.0 meter),

Kolom B : Jarak antar mobil (1.0-2.0 meter),

Kolom C : Panjang mobil ditambah dengan jarak antar mobil ,

Kolom D : Posisi awal mobil,

Kolom E : Percepatan Mobil ( 2.0 m/s<sup>2</sup> – 6.0 m/s<sup>2</sup>),

Kolom F : Percepatan yang digunakan tidak saling mendahului,

Kolom G : rentang start mobil jalan ketika lampu hijau (2.0 detik – 8.0 detik),

Kolom H : Jumlah kumulatif start mobil jalan (detik),

Kolom I : Sisa waktu hijau (detik),

Kolom J : Jarak tempuh mobil (meter) ,

Kolom K : Posisi akhir mobil (meter),

Kolom L : Status mobil ; lewat = 1; tidak lewat = 0,

Kolom M : Total jumlah mobil yang lewat (unit)

Tabel 3.1. Jumlah mobil yang melewati persimpangan diperoleh dengan memberikan rentang start mobil jalan selama 2 detik, yaitu antara 1 detik sampai 3 detik selama 30 detik waktu hijau, jumlah mobil yang melewati persimpangan

dihasilkan pada kolom sel M1 diperoleh dengan menghitung jumlah nilai 1 pada kolom L (status) ditambah 1, hal ini dikarenakan mobil pada posisi pertama langsung melewati persimpangan saat lampu hijau menyala, nilai 1 pada kolom sel M1 mengartikan bahwa mobil dapat melewati persimpangan dan nilai 0 tidak dapat melewati persimpangan sedangkan untuk memperoleh nilai 1 atau 0 pada kolom sel L dilakukan dengan melihat kolom sel K yaitu posisi akhir mobil yang bernilai negatif. Jumlah mobil pada kolom sel M1 direplikasi sebanyak 1000 replikasi dengan menggunakan *Crystal Ball* untuk mendapatkan variasi jumlah mobil yang melewati persimpangan selama waktu hijau yang diberikan yang terlihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jumlah Mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik waktu hijau dengan rentang start mobil jalan selama 2 detik (antara 1 detik sampai 3 detik)

| Replikasi        | Jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|------------------|---|
| 1                | 12,00                                   |
| 2                | 12,00                                   |
| 3                | 11,00                                   |
| 4                | 12,00                                   |
| 5                | 12,00                                   |
| ....             | ....                                    |
| ....             | ....                                    |
| ....             | ....                                    |
| 996              | 10,00                                   |
| 997              | 10,00                                   |
| 998              | 13,00                                   |
| 999              | 12,00                                   |
| 1000             | 10,00                                   |
| Rata- rata       | 11,798                                  |
| Standart Deviasi | 0,89                                    |
| Minimum          | 9                                       |
| Maksimum         | 16                                      |

Berdasarkan tabel 3.2. jumlah minimal mobil yang melewati persimpangan yaitu sebanyak 9 mobil dan maksimum mobil yang melewati persimpangan sebanyak 16 mobil serta rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 11.798 atau 12 mobil. Berbagai macam pemberian rentang start mobil

jalan dan waktu hijau diberikan untuk mendapatkan rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan untuk satu ruas jalan yang terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Rata- rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan berbagai macam rentang start mobil jalan dan waktu hijau untuk 1 ruas jalan.

| Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|---------------------------|-------------|---|
| 2                         | 30          | 11,798  |
| 2                         | 45          | 18,276  |
| 2                         | 60          | 24,916  |
| 3                         | 30          | 9,868   |
| 3                         | 45          | 15,225  |
| 3                         | 60          | 20,421  |
| 4                         | 30          | 8,487   |
| 4                         | 45          | 12,915  |
| 4                         | 60          | 17,433  |
| 5                         | 30          | 7,56  |
| 5                         | 45          | 11,355  |
| 5                         | 60          | 15,252  |
| 6                         | 30          | 6,718   |
| 6                         | 45          | 10,117  |
| 6                         | 60          | 13,601  |
| 7                         | 30          | 6,2   |
| 7                         | 45          | 9,242   |
| 7                         | 60          | 12,265  |
| 8                         | 30          | 5,661   |
| 8                         | 45          | 8,312   |
| 8                         | 60          | 11,218  |

Berdasarkan tabel 3.3. untuk mendapatkan rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan untuk ketiga ruas jalan lainnya dilakukan proses yang sama, namun dengan memberikan percepatan manual untuk beberapa mobil sehingga dipeoleh rata – rata percepatan mobil untuk ke empat ruas terlihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Rata- rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan berbagai macam rentang start mobil jalan dan waktu hijau untuk 4 ruas jalan.

| Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|---------------------------|-------------|---|
| 2                         | 30          | 11,798  |
| 2                         | 45          | 18,311  |
| 2                         | 60          | 24,912  |
| 3                         | 30          | 9,894   |
| 3                         | 45          | 15,141  |
| 3                         | 60          | 20,575  |
| 4                         | 30          | 8,534   |
| 4                         | 45          | 12,97   |
| 4                         | 60          | 17,466  |
| ...                       | ...         | ...   |

|     |     |        |
|-----|-----|--------|
| ... | ... | ...    |
| ... | ... | ...    |
| ... | ... | ...    |
| ... | ... | ...    |
| 8   | 30  | 5,884  |
| 8   | 45  | 8,585  |
| 8   | 60  | 11,303 |

### 3.3.2 Sensitivity Index

*Sensitivity Index* digunakan untuk memverifikasi model pergerakan mobil yang telah dibuat dengan tujuan untuk mengetahui seberapa sensitif perubahan nilai output jika terjadi perubahan nilai input. Penelitian ini menghitung *Sensitivity Index* sebelum dan setelah terjadi perubahan nilai input (waktu hijau) terhadap nilai output (rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan) untuk satu ruas jalan menggunakan formula 3.2 yang terlihat pada tabel 3.5.

$$SI_{pq} = [q(p_0 + \Delta p) - q \frac{(p_0 - \Delta p)}{2\Delta p}] \quad (3.2)$$

dimana :

$SI_{pq}$  : *Sensitivity indeks*

$q$  : *Respon Setelah Perubahan Stimuli*

$p_0$  : *Stimuli awal*

$\Delta p$  : *selisih perubahan stimuli*



Tabel 3.5. Hasil Perhitungan *Sensitivity Index*

| Perlakuan | Rentang Start Mobil Jalan | Waktu Hijau | Rata - rata Jumlah mobil yang Lewat | Respon Setelah Perubahan Stimuli | Stimuli Awal | Delta Stimuli | SI    | Rentang Start Mobil jalan | Delta Stimuli | SI     |
|-----------|---------------------------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------|---------------|-------|---------------------------|---------------|--------|
| sebelum   | 2                         | 30          | 11.798                              | 6.478                            | 30           | 15            | 6.478 | 2                         | 15            | 6.478  |
| sesudah   | 2                         | 45          | 18.276                              |                                  |              |               |       | 2                         | 30            | 12.421 |
| sebelum   | 2                         | 30          | 11.798                              | 12.521                           | 30           | 30            | 12.42 | 2                         | 15            | 5.943  |
| sesudah   | 2                         | 60          | 24.219                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 2                         | 45          | 18.276                              | 5.943                            | 45           | 15            | 5.943 |                           |               |        |
| sesudah   | 2                         | 60          | 24.219                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 3                         | 30          | 9.868                               | 5.357                            | 30           | 15            | 5.357 | 3                         | 15            | 5.357  |
| sesudah   | 3                         | 45          | 15.225                              |                                  |              |               |       | 3                         | 30            | 10.553 |
| sebelum   | 3                         | 30          | 9.868                               | 10.553                           | 30           | 30            | 10.55 | 3                         | 15            | 5.196  |
| sesudah   | 3                         | 60          | 20.421                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 3                         | 45          | 15.225                              | 5.196                            | 45           | 15            | 5.196 |                           |               |        |
| sesudah   | 3                         | 60          | 20.421                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 4                         | 30          | 8.487                               | 4.428                            | 30           | 15            | 4.428 | 4                         | 15            | 4.428  |
| Sesudah   | 4                         | 45          | 12.915                              |                                  |              |               |       | 4                         | 30            | 8.946  |
| sebelum   | 4                         | 30          | 8.487                               | 8.946                            | 30           | 30            | 8.946 | 4                         | 15            | 5.142  |
| sesudah   | 4                         | 60          | 17.433                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 4                         | 45          | 12.291                              | 5.142                            | 45           | 15            | 5.142 |                           |               |        |
| sesudah   | 4                         | 60          | 17.433                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 5                         | 30          | 7.56                                | 3.795                            | 30           | 15            | 3.795 | 5                         | 15            | 3.795  |
| sesudah   | 5                         | 45          | 11.355                              |                                  |              |               |       | 5                         | 30            | 7.692  |
| sebelum   | 5                         | 30          | 7.56                                | 7.692                            | 30           | 30            | 7.692 | 5                         | 15            | 3.897  |
| sesudah   | 5                         | 60          | 15.252                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 5                         | 45          | 11.355                              | 3.897                            | 45           | 15            | 3.897 |                           |               |        |
| sesudah   | 5                         | 60          | 15.252                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 6                         | 30          | 6.718                               | 3.459                            | 30           | 15            | 3.459 | 6                         | 15            | 3.459  |
| sesudah   | 6                         | 45          | 10.177                              |                                  |              |               |       | 6                         | 30            | 6.883  |
| sebelum   | 6                         | 30          | 6.718                               | 6.883                            | 30           | 30            | 6.883 | 6                         | 15            | 3.424  |
| sesudah   | 6                         | 60          | 13.601                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 6                         | 45          | 10.177                              | 3.424                            | 45           | 15            | 3.424 |                           |               |        |
| sesudah   | 6                         | 60          | 13.601                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 7                         | 30          | 6.2                                 | 3.042                            | 30           | 15            | 3.042 | 7                         | 15            | 3.042  |
| sesudah   | 7                         | 45          | 9.242                               |                                  |              |               |       | 7                         | 30            | 6.065  |
| sebelum   | 7                         | 30          | 6.2                                 | 6.065                            | 30           | 30            | 6.065 | 7                         | 15            | 3.023  |
| sesudah   | 7                         | 60          | 12.265                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 7                         | 45          | 9.242                               | 3.023                            | 45           | 15            | 3.023 |                           |               |        |
| sesudah   | 7                         | 60          | 12.265                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 8                         | 30          | 5.661                               | 2.651                            | 30           | 15            | 2.651 | 8                         | 15            | 2.651  |
| sesudah   | 8                         | 45          | 8.312                               |                                  |              |               |       | 8                         | 30            | 5.557  |
| sebelum   | 8                         | 30          | 5.661                               | 5.557                            | 30           | 30            | 5.557 | 8                         | 15            | 2.906  |
| sesudah   | 8                         | 60          | 11.218                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |
| sebelum   | 8                         | 45          | 8.312                               | 2.906                            | 45           | 15            | 2.906 |                           |               |        |
| sesudah   | 8                         | 60          | 11.218                              |                                  |              |               |       |                           |               |        |

Pemberian anak panah bertujuan mengelompokkan hasil perhitungan *sensitivity index* nilai  $\Delta p$  waktu hijau. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  waktu hijau yang dihasilkan berbeda-beda yaitu  $\Delta p$  waktu hijau 15 detik (30-45 detik),  $\Delta p$  waktu

hijau 30 detik (30-60 detik) dan  $\Delta p$  15 detik waktu hijau (45-60 detik) yang terlihat pada tabel 3.6, tabel 3.7, dan tabel 3.8.

Tabel 3.6. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  15 detik waktu hijau (30-45 detik)

| No | Rentang Start Mobil Jalan | SI Delta 15 Detik(30-45) |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1  | 2                         | 2.846                    |
| 2  | 3                         | 2,27                     |
| 3  | 4                         | 1,968                    |
| 4  | 5                         | 1,731                    |
| 5  | 6                         | 1,48                     |
| 6  | 7                         | 1,335                    |
| 7  | 8                         | 1,243                    |

Tabel 3.7. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  30 detik waktu hijau (30-60 detik)

| No | Rentang Start Mobil Jalan | SI Delta 30 Detik(30-60) |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1  | 2                         | 12,421                   |
| 2  | 3                         | 10,553                   |
| 3  | 4                         | 8,946                    |
| 4  | 5                         | 7,692                    |
| 5  | 6                         | 6,883                    |
| 6  | 7                         | 6,065                    |
| 7  | 8                         | 5,557                    |

Tabel 3.8. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  15 detik waktu hijau (45-60 detik)

| No | Rentang Start Mobil Jalan | SI Delta 15 Detik(45-60) |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1  | 2                         | 2.422                    |
| 2  | 3                         | 2,015                    |
| 3  | 4                         | 1,741                    |
| 4  | 5                         | 1,472                    |
| 5  | 6                         | 1,362                    |
| 6  | 7                         | 1,119                    |
| 7  | 8                         | 1,032                    |

*Sensitivity Index* waktu hijau menurun seiring dengan bertambahnya nilai rentang start mobil jalan yang terlihat pada tabel 3.6, tabel 3.7 dan tabel 3.8.

Berdasarkan hal tersebut, untuk mengetahui besarnya perubahan *Sensitivity Index* yang terjadi maka dilakukan perubahan nilai input (waktu hijau).

Perubahan nilai *input* (waktu hijau ) yang semula bernilai 30 detik dirubah menjadi 13 detik, perubahan nilai didasarkan pada nilai *sensitivitas Index* tertinggi yang dihasilkan oleh  $\Delta p$  waktu hijau 30 detik (30-60 detik) sebesar 12,421 detik atau 13 detik yang menyebabkan penurunan nilai waktu hijau sebesar 57% sehingga rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan untuk satu ruas jalan setelah terjadi penurunan waktu hijau terlihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Rata-rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan berbagai macam rentang start mobil jalan dan waktu hijau setelah terjadi penurunan waktu hijau 57% untuk 1 ruas jalan

| <b>Rentang Start Mobil Jalan</b> | <b>Waktu Hijau</b> | <b>Rata-rata Mobil Yang Melewati Persimpangan</b> |
|----------------------------------|--------------------|---|
| 2                                | 13                 | 3.892   |
| 2                                | 20                 | 6.738   |
| 2                                | 26                 | 9.16  |
| 3                                | 13                 | 3.217   |
| 3                                | 20                 | 5.487   |
| 3                                | 26                 | 7.502   |
| 4                                | 13                 | 2.691   |
| 4                                | 20                 | 4.659   |
| 4                                | 26                 | 6.4   |
| 5                                | 13                 | 2.355   |
| 5                                | 20                 | 4.086   |
| 5                                | 26                 | 5.558   |
| 6                                | 13                 | 2.062   |
| 6                                | 20                 | 3.542   |
| 6                                | 26                 | 4.904   |
| 7                                | 13                 | 1.875   |
| 7                                | 20                 | 3.21  |
| 7                                | 26                 | 4.329   |
| 8                                | 13                 | 1.648   |
| 8                                | 20                 | 2.891   |
| 8                                | 26                 | 3.923   |

Berdasarkan tabel 3.9. Perhitungan *Sensitivity index* dilakukan dengan menggunakan formula 3.2 yang terlihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10. Hasil perhitungan *Sensitivity Index* setelah penurunan waktu hijau

| Perlakuan | Rentang<br>Start<br>Mobil<br>Jalan | WaktuHijau | Rata - rata<br>Jumlahmobil<br>yang Lewat | Respon<br>Setelah<br>Perubahan<br>Stimuli | Stimuli<br>Awal | DeltaStimuli | SI    |   | Rentang<br>Start<br>Mobil<br>jalan | Delta<br>Stimuli | SI    |       |
|-----------|------------------------------------|------------|--|---|-----------------|--------------|-------|---|------------------------------------|------------------|-------|-------|
| sebelum   | 2                                  | 13         | 3.892                                    | 2.846                                     | 30              | 7            | 2.846 | → | 2                                  | 15               | 2.846 |       |
| sesudah   | 2                                  | 20         | 6.738                                    |   |                 |              |       |   | 2                                  | 30               | 5.268 |       |
| sebelum   | 2                                  | 13         | 3.892                                    | 5.268                                     | 13              | 13           | 5.268 |   | →                                  | 2                | 15    | 2.422 |
| sesudah   | 2                                  | 26         | 9.16                                     |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 2                                  | 20         | 6.738                                    | 2.422                                     | 20              | 6            | 2.422 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 2                                  | 26         | 9.16                                     |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 3                                  | 13         | 3.217                                    | 2.27                                      | 13              | 7            | 2.27  |   | →                                  | 3                | 15    | 2.27  |
| sesudah   | 3                                  | 20         | 5.487                                    |   |                 |              |       |   |                                    | 3                | 30    | 4.285 |
| sebelum   | 3                                  | 13         | 3.217                                    | 4.285                                     | 13              | 13           | 4.285 | → |                                    | 3                | 15    | 2.015 |
| sesudah   | 3                                  | 26         | 7.502                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 3                                  | 20         | 5.487                                    | 2.015                                     | 20              | 6            | 2.015 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 3                                  | 26         | 7.502                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 4                                  | 13         | 2.691                                    | 1.968                                     | 13              | 7            | 1.968 |   | →                                  | 4                | 15    | 1.968 |
| sesudah   | 4                                  | 20         | 4.659                                    |   |                 |              |       |   |                                    | 4                | 30    | 3.709 |
| sebelum   | 4                                  | 13         | 2.691                                    | 3.709                                     | 13              | 13           | 3.709 | → |                                    | 4                | 15    | 1.741 |
| sesudah   | 4                                  | 26         | 6.4                                      |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 4                                  | 20         | 4.659                                    | 1.741                                     | 20              | 6            | 1.741 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 4                                  | 26         | 6.4                                      |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 5                                  | 13         | 2.355                                    | 1.731                                     | 13              | 7            | 1.731 |   | →                                  | 5                | 15    | 1.731 |
| sesudah   | 5                                  | 20         | 4.086                                    |   |                 |              |       |   |                                    | 5                | 30    | 3.203 |
| sebelum   | 5                                  | 13         | 2.355                                    | 3.203                                     | 13              | 13           | 3.203 | → |                                    | 5                | 15    | 1.472 |
| sesudah   | 5                                  | 26         | 5.558                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 5                                  | 20         | 4.086                                    | 1.472                                     | 20              | 6            | 1.472 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 5                                  | 26         | 5.558                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 6                                  | 13         | 2.062                                    | 1.48                                      | 13              | 7            | 1.48  |   | →                                  | 6                | 15    | 1.48  |
| sesudah   | 6                                  | 20         | 3.542                                    |   |                 |              |       |   |                                    | 6                | 30    | 2.842 |
| sebelum   | 6                                  | 13         | 2.062                                    | 2.842                                     | 13              | 13           | 2.842 | → |                                    | 6                | 15    | 1.362 |
| sesudah   | 6                                  | 26         | 4.904                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 6                                  | 20         | 3.542                                    | 1.362                                     | 20              | 6            | 1.362 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 6                                  | 26         | 4.904                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 7                                  | 13         | 1.875                                    | 1.335                                     | 13              | 7            | 1.335 |   | →                                  | 7                | 15    | 1.335 |
| sesudah   | 7                                  | 20         | 3.21                                     |   |                 |              |       |   |                                    | 7                | 30    | 2.454 |
| sebelum   | 7                                  | 13         | 1.875                                    | 2.454                                     | 13              | 13           | 2.454 | → |                                    | 7                | 15    | 1.119 |
| sesudah   | 7                                  | 26         | 4.329                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 7                                  | 20         | 3.21                                     | 1.119                                     | 20              | 6            | 1.119 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 7                                  | 26         | 4.329                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 8                                  | 13         | 1.648                                    | 1.243                                     | 13              | 7            | 1.243 |   | →                                  | 8                | 15    | 1.243 |
| sesudah   | 8                                  | 20         | 2.891                                    |   |                 |              |       |   |                                    | 8                | 30    | 2.275 |
| sebelum   | 8                                  | 13         | 1.648                                    | 2.275                                     | 13              | 13           | 2.275 | → |                                    | 8                | 15    | 1.032 |
| sesudah   | 8                                  | 26         | 3.923                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |
| sebelum   | 8                                  | 20         | 2.891                                    | 1.032                                     | 20              | 6            | 1.032 | → |                                    |                  |       |       |
| sesudah   | 8                                  | 26         | 3.923                                    |   |                 |              |       |   |                                    |                  |       |       |

Pemberian anak panah bertujuan mengelompokkan hasil *sensitivity index* berdasarkan nilai  $\Delta p$  waktu hijau yang diberikan setelah terjadi penurunan input (waktu hijau). *Sensitivity Index*  $\Delta p$  waktu hijau yang dihasilkan berbeda-beda

yaitu *Sensitivity Index*  $\Delta p$  waktu hijau 7 detik (13-20 detik),  $\Delta p$  6 detik (13-26 detik) dan  $\Delta p$  6 detik waktu hijau (20-26 detik) yang terlihat pada tabel 3.11, tabel 3.12, dan tabel 3.13.

Tabel 3.11. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  7 detik waktu hijau (13-20 detik)

| No | Rentang Start MobilJalan | SI Delta 7 (13-20) |
|----|--------------------------|--------------------|
| 1  | 2                        | 2.846              |
| 2  | 3                        | 2,27               |
| 3  | 4                        | 1,968              |
| 4  | 5                        | 1,731              |
| 5  | 6                        | 1,48               |
| 6  | 7                        | 1,335              |
| 7  | 8                        | 1,243              |

Tabel 3.12. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  13 detik waktu hijau (13-26 detik)

| No | Rentang Start Mobil Jalan | Si Delta 13 (13-26) |
|----|---------------------------|---------------------|
| 1  | 2                         | 5.268               |
| 2  | 3                         | 4,285               |
| 3  | 4                         | 3,709               |
| 4  | 5                         | 3,203               |
| 5  | 6                         | 2,842               |
| 6  | 7                         | 2,454               |
| 7  | 8                         | 2,275               |

Tabel 3.13. *Sensitivity Index*  $\Delta p$  6 detik waktu hijau (20-26 detik)

| No | Rentang Start MobilJalan | Si Delta 7 (20-26) |
|----|--------------------------|--------------------|
| 1  | 2                        | 2,422              |
| 2  | 3                        | 2,015              |
| 3  | 4                        | 1,741              |
| 4  | 5                        | 1,472              |
| 5  | 6                        | 1,362              |
| 6  | 7                        | 1,119              |
| 7  | 8                        | 1,032              |

*Sensitivity Index* waktu hijau menurun seiring dengan bertambahnya rentang start mobil jalan yang terlihat pada tabel 3.11, tabel 3.12, dan tabel 3.13, berdasarkan hal tersebut dibuat tabel perbandingan rata – rata jumlah mobil yang

melewati persimpangan sebelum dan sesudah terjadi perubahan input (waktu hijau) terlihat pada tabel 3.14 dan membuat tabel perbandingan perubahan nilai *sensitivity index* sebelum dan setelah terjadi penurunan waktu hijau yang diambil dari nilai *sensitivity index* tertinggi yang terlihat pada tabel Tabel 3.15.

Tabel 3.14. Perbandingan rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan Sebelum Dan Sesudah Penurunan Waktu Hijau

| Rentang waktu start mobil Jalan (A) | Waktu hijau (B) | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan (C) | Waktu hijau 1 (D) | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan 1 (E) |
|-------------------------------------|-----------------|---|-------------------|---|
| 2                                   | 30              | 11,798  | 13                | 3,892   |
| 2                                   | 45              | 18,276  | 20                | 6,738   |
| 2                                   | 60              | 24,916  | 26                | 9,16  |
| 3                                   | 30              | 9,868   | 13                | 3,217   |
| 3                                   | 45              | 15,225  | 20                | 5,487   |
| 3                                   | 60              | 20,421  | 26                | 7,502   |
| 4                                   | 30              | 8,487   | 13                | 2,691   |
| 4                                   | 45              | 12,915  | 20                | 4,659   |
| 4                                   | 60              | 17,433  | 26                | 6,4   |
| 5                                   | 30              | 7,56  | 13                | 2,355   |
| 5                                   | 45              | 11,355  | 20                | 4,086   |
| 5                                   | 60              | 15,252  | 26                | 5,558   |
| 6                                   | 30              | 6,718   | 13                | 2,062   |
| 6                                   | 45              | 10,177  | 20                | 3,542   |
| 6                                   | 60              | 13,601  | 26                | 4,904   |
| 7                                   | 30              | 6,2   | 13                | 1,875   |
| 7                                   | 45              | 9,242   | 20                | 3,21  |
| 7                                   | 60              | 12,265  | 26                | 4,329   |
| 8                                   | 30              | 5,661   | 13                | 1,648   |
| 8                                   | 45              | 8,312   | 20                | 2,891   |
| 8                                   | 60              | 11,218  | 26                | 3,923   |

Keterangan :

Kolom (A) : Rentang waktu start mobil jalan (detik)

Kolom (B) : Waktu hijau (detik)

Kolom (C) : Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan (detik)

Kolom (D) : Waktu Hijau 1 : Waktu hijau setelah terjadi penurunan (detik)

Kolom (E) : Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan setelah penurunan waktu hijau 1(unit)

. Tabel3.15. Presentase Perubahan *Sensitivity Indeks*.

| <i>Sensitivity Index</i> waktu hijau (30-60) terhadap rata- rata jumlah mobil yang melewati persimpangan | <i>Sensitivity Index</i> waktu hijau (13-26) terhadap rata- rata jumlah mobil yang melewati persimpangan | Presentase (%) |
|--|--|----------------|
| 12,521   | 5,268  | 57,5879559     |
| 10,553   | 4,285  | 59,3954326     |
| 8,946  | 3,709  | 58,5401297     |
| 7,692  | 3,203  | 58,3593344     |
| 6,883  | 2,842  | 58,7098649     |
| 6,065  | 2,454  | 59,5383347     |
| 5,557  | 2,275  | 59,0606442     |
| Rata – Rata  |  | 58,7416709     |

Berdasarkan tabel 3.15, rata–rata presentase *sensitivity index* yang dihasilkan sebesar 58,74% setelah terjadi perubahan input waktu hijau sebesar 57 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa model pergerakan mobil sensitif terhadap perubahan input dan dapat diverifikasi dengan *error* sebesar 3,09%.

### 3.3.3 Uji Korelasi dengan Software SPSS

Uji korelasi bertujuan melihat keeratan hubungan antara dua variabel. Hubungan variabel dapat berbentuk searah atau terbalik, artinya koefisien korelasi bernilai searah dalam model regresi bermakna semakin tinggi nilai  $x$  maka semakin tinggi nilai  $y$ , sebaliknya jika koefisien korelasi bernilai terbalik maka semakin tinggi nilai  $x$  maka semakin rendah nilai  $y$ . pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui hubungan variabel rentang start mobil jalan ( $x_i$ ) dan waktu hijau ( $x_j$ ) terhadap rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan  $f(x_i, x_j)$  yang terlihat pada tabel 3.3.

Berikut langkah-langkah pengujian :

- Buka program SPSS
- Buka file yang akan diolah untuk analisis korelasi
- Dari menu utama SPSS, pilih menu analyze kemudian pilih *Correlate*, baru klik *Bivariate*

- d. Pindahkan variabel–variabel yang akan dilihat koefisien korelasinya ke kotak variabel
- e. Pilih korelasi “*Pearson*” lalu klik OK, selanjutnya akan keluar output uji korelasi yang terlihat pada gambar 3.5.

### Correlations

[DataSet0]

|                           |                     | Correlations              |             |                  |
|---------------------------|---------------------|---------------------------|-------------|------------------|
|                           |                     | Rentang_Start_Mobil_Jalan | Waktu_Hijau | Jumlah_Kendaraan |
| Rentang_Start_Mobil_Jalan | Pearson Correlation | 1                         | .000        | -.655**          |
|                           | Sig. (2-tailed)     |                           | 1.000       | .001             |
|                           | N                   | 21                        | 21          | 21               |
| Waktu_Hijau               | Pearson Correlation | .000                      | 1           | .707**           |
|                           | Sig. (2-tailed)     | 1.000                     |             | .000             |
|                           | N                   | 21                        | 21          | 21               |
| Jumlah_Kendaraan          | Pearson Correlation | -.655**                   | .707**      | 1                |
|                           | Sig. (2-tailed)     | .001                      | .000        |                  |
|                           | N                   | 21                        | 21          | 21               |

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Gambar 3.5. Output Uji Korelasi

Output uji korelasi dengan menggunakan software SPSS menunjukkan bahwa korelasi antara rentang start mobil jalan terhadap jumlah mobil yang melewati persimpangan bernilai negative atau berbanding terbalik artinya semakin tinggi nilai rentang start mobil jalan maka semakin rendah rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan sedangkan korelasi antara waktu hijau terhadap jumlah mobil yang melewati persimpangan bernilai positif atau searah artinya bahwa semakin tinggi nilai / lama nyala lampu waktu hijau yang diberikan maka semakin tinggi pula rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan.

### 3.3.4 Uji Linearitas dengan R

Uji linearitas digunakan untuk mendeteksi apakah suatu data mengikuti pola linear atau non–linear. Uji yang digunakan yaitu uji *Rhamshey*, Uji *White* dan Uji *Terasvirta*. Penelitian ini menguji pola data rentang start mobil jalan terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dan lama nyala waktu hijau terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan.



Langkah – langkahnya sebagai berikut :

1. Melakukan identifikasi hubungan linearitas rentang start mobil jalan terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan Uji Ramsey's ,uji *White* dan uji *Terasvirta* pada software R. Sintak uji linearitas yaitu:

```
library(lmtest)
```

```
Loading required package: zoo
```

```
Attaching package: 'zoo'
```

```
The following object(s) are masked from 'package:base':
```

```
as.Date, as.Date.numeric
```

```
> library(foreign)
```

```
> Book2<-read.csv(file="Book2.csv",head=TRUE,sep=",")
```

```
> X<-Book2$X
```

```
> Y<-Book2$Y
```

```
> Book2
```

Tabel 3.16. Uji Linearitas Rentang Start Mobil Jalan Terhadap Jumlah Mobil Yang Melewati Persimpangan

| Rentang Start Mobil Jalan | Rata- Rata Jumlah Mobil Yang Melewati Persimpangan |
|---------------------------|--|
| 2                         | 11.798   |
| 3                         | 9.868  |
| 4                         | 8.487  |
| 5                         | 7.56   |
| 6                         | 7.453  |
| 7                         | 6.2  |
| 8                         | 5.661  |

```
> resettest(Y~X,power=2,type="regressor",data=Book2)
```

RESET test

data:y ~ x

RESET = 70.1209, df1 = 1, df2 = 4, p-value = 0.001112

```
>library(tseries)
```

'tseries' version: 0.10-30

'tseries' is a package for time series analysis and computational finance.

See 'library(help="tseries")' for details.

```
> white.test(X,Y)
```

White Neural Network Test

data:x and y

X-squared = 22.7566, df = 2, p-value = 1.144e-05

```
> terasvirta.test(X,Y)
```

Teraesvirta Neural Network Test

data:x and y

X-squared = 38.0188, df = 2, p-value = 5.55e-09

Berdasarkan hasil uji linearitas rentang start mobil jalan terhadap rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan menggunakan uji Rhamset, uji White dan uji Terasvirta diperoleh nilai *p-value* ketiga uji tersebut secara berturut turut adalah sebesar 0.001112, 1.144e-05 dan 5.55e-09 yang kurang dari alpha sebesar 0,05, hal tersebut menunjukkan bahwa rentang start mobil jalan bersifat non linear terhadap jumlah mobil yang melewati persimpangan.

2. Melakukan identifikasi hubungan linearitas waktu hijau terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan Uji Ramsey's RESET, Uji White dan Uji Terasvirta pada software R.

Sintak uji linearitas yaitu:

```
library(lmtest)
```

```
Loading required package: zoo
```

```
Attaching package: 'zoo'
```

```
The following object(s) are masked from 'package:base':
```

```
as.Date, as.Date.numeric
```

```
> library(foreign)
```

```

> Book8<-read.csv(file="Book8.csv",head=TRUE,sep=",")
x<-Book8$x
> y<-Book8$y
> Book8

```

Tabel 3.17. Uji Linearitas Waktu Hijau Terhadap Jumlah MobilYang Melewati Persimpangan

| <b>X</b> | <b>Y</b> |
|----------|----------|
| 30       | 11.798   |
| 45       | 18.276   |
| 60       | 24.916   |
| 30       | 9.868    |
| 45       | 15.225   |
| 60       | 20.421   |
| 30       | 8.487    |
| 45       | 12.915   |
| 60       | 17.433   |
| 30       | 7.56     |
| 45       | 11.355   |
| 60       | 15.252   |
| 30       | 6.718    |
| 45       | 10.177   |
| 60       | 13.601   |
| 30       | 6.2      |
| 45       | 9.242    |
| 60       | 12.265   |
| 30       | 5.661    |
| 45       | 8.312    |
| 60       | 11.218   |

```

> resettest(y~x,power=2,type="regressor",data=Book8)

```

RESET test

data: Y ~ X

RESET = 3e-04, df1 = 1, df2 = 18, p-value = 0.9871

```

> library(tseries)

```

'tseries' version: 0.10-30

'tseries' is a package for time series analysis and computational finance.

See 'library(help="tseries")' for details.

```
> white.test(X,Y)
```

White Neural Network Test

data:X and Y

X-squared = 3e-04, df = 2, p-value = 0.9998

```
> terasvirta.test(X,Y)
```

Teraesvirta Neural Network Test

data:X and Y

X-squared = 0.0015, df = 2, p-value = 0.9998

Berdasarkan hasil uji linearitas waktu hijau terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan menggunakan uji *Rhamset*, uji *White* dan uji *Terasvirta* diperoleh nilai *p-value* ketiga uji tersebut secara berturut turut sebesar 0.9871, 0.9998 dan 0.9998, yang lebih besar dari alpha sebesar 0,05, hal tersebut menunjukkan bahwa waktu hijau bersifat linear terhadap rata - rata jumlah mobil yang melewati persimpangan.

### 3.3.5 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan sebuah metode yang digunakan untuk optimasi. *Fitness function* merupakan sebuah fungsi yang terdapat di dalam metode algoritma genetika yang digunakan sebagai fungsi yang akan di optimasi nantinya, dalam penelitian ini fungsi yang akan di optimasi (*fitness function*) dalam algoritma genetika bertujuan mendapatkan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan  $f(x_i, x_j)$  berdasarkan variabel rentang start mobil jalan ( $x_i$ ) dan lama nyala waktu hijau ( $x_j$ ) yang terlihat pada tabel 3.4.

Langkah–langkah proses pembentukan *fitness function* dalam algoritma genetika sebagai berikut :

1. Membuka *software* XLSTAT lalu pilih XLSTAT *modeling* data lalu memilih perintah regresi non linear.
2. Setelah itu muncul kotak dialog regresi non linear untuk memilih variabel dependent (variabel respon) dan variabel penjelas.
3. Pilih tab *option* untuk memasukkan nilai parameter awal

4. Pilih tab *function* untuk memasukkan fungsi yang diinginkan dengan cara yaitu klik tombol add, kemudian masuk ke fungsi, fungsi yang dibuat yaitu  $f(x_i, x_j) = \frac{pr^5}{1+e^{(-pr^1-pr^2.x_i-pr^3.x_j-pr^4.x_i.x_j)}}$  kemudian masuk ke *derivative* lalu memilih fungsi, kemudian simpan lalu klik ok maka akan muncul hasil yang terlihat pada tabel 3.18.

Tabel 3.18. Hasil *Fitness Function*

XLSTAT 2016.07.40123- Nonlinear regression - Start time: 1/17/2017 at 4:24:09 PM / End time: 1/17/2017 at 4:30:11 PM  
Y / Quantitative: Workbook = pembentukan fintess function tanggal 17 januari 2017.xlsx / Sheet = Sheet1 / Range = Sheet1!\$C\$1:\$C\$85 / 84 rows and 1 column  
X / Quantitative: Workbook = pembentukan fintess function tanggal 17 januari 2017.xlsx / Sheet = Sheet1 / Range = Sheet1!\$A\$1:\$B\$85 / 84 rows and 2 columns  
Initial values: Workbook = pembentukan fintess function tanggal 17 januari 2017.xlsx / Sheet = Sheet1 / Range = Sheet1!\$F\$13:\$F\$17 / 5 rows and 1 column  
Stop conditions: Iterations = 200 / Convergence = 0.00001  
Function:  $f(x_i, x_j) = \frac{pr^5}{1+e^{(-pr^1-pr^2.x_i-pr^3.x_j-pr^4.x_i.x_j)}}$

Model parameters:

| Parameter | Value   | Standard error |
|-----------|---------|----------------|
| pr1       | -3.655  | 2.446          |
| pr2       | -0.116  | 0.015          |
| pr3       | 0.026   | 0.005          |
| pr4       | -0.001  | 0.001          |
| pr5       | 294.980 | 729.294        |

Berdasarkan nilai parameter – parameter yang dihasilkan pada tabel 3.18 maka model *fitness function* yang terbentuk terlihat pada formula 3.3.

$$f(x_i, x_j) = \sum_{a=1}^4 \frac{294,980}{1 + e^{(3,655+0,116.x_i-0,026.x_j+0,001.x_i.x_j)}} \quad (3.3)$$

Dimana :

$f(x_i, x_j)$  = jumlah mobil yang melewati persimpangan,

$x_i$  = rentang start mobil jalan

$x_j$  = waktu hijau

$a$  = Ruas jalan

Dalam penelitian ini nilai *Mean Square Error (MSE)* sebesar 0,406 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang diperoleh yaitu sebesar 0,984 artinya nilai tersebut mendekati nilai 1 yang mengartikan bahwa model yang dihasilkan mendekati model yang sempurna yang terlihat pada tabel 3.19.

Tabel 3.19. *Goodness of fit statistic*

|              |         |
|--------------|---------|
| Observations | 84,000  |
| DF           | 79,000  |
| $R^2$        | 0,984   |
| SSE          | 32,038  |
| MSE          | 0,406   |
| RMSE         | 0,637   |
| Iterations   | 200,000 |

### 3.4 Skenario Penelitian

Skenario uji coba penelitian dilakukan untuk mendapatkan nyala lampu yang optimal. Uji coba skenario dilakukan dengan cara memberikan nilai rentang start mobil jalan dan rentang waktu nyala lampu pengatur lalu lintas warna hijau yang berbeda pada tiap ruas jalan. Pemberian rentang start mobil jalan mobil yang berbeda pada tiap ruas jalan didasarkan pada dimensi (besar kecilnya) ukuran mobil yang ditangkap oleh kamera pengawas lalu lintas pada tiap ruas jalan di persimpangan. Pada penelitian ini akan dilakukan uji coba menggunakan 3 skenario untuk mendapatkan nyala lampu yang optimal. Setiap skenario akan divariasikan rentang start mobil jalan dan waktu hijau.

#### 3.4.1 Skenario 1

Skenario 1 terlihat pada tabel 3.20.

Tabel 3.20. Skenario 1

| Perlakuan                   | Ruas jalan   |              |              |              |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                             | Ruas jalan 1 | Ruas jalan 2 | Ruas jalan 3 | Ruas jalan 4 |
| Start mobil jalan ( detik ) | (1-3)        | (1-5)        | (1-4)        | (1-3)        |
| Waktu hijau ( detik)        | (30-60)      | (20-60)      | (30-60)      | (20-60)      |

### 3.4.2 Skenario 2

Skenario 2 terlihat pada tabel 3.21.

Tabel 3.21. Skenario 2

| Perlakuan                 | Ruas jalan   |              |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           | Ruas jalan 1 | Ruas jalan 2 | Ruas jalan 3 | Ruas jalan 4 |
| Start mobil jalan (detik) | (1-3)        | (1-5)        | (1-4)        | (1-3)        |
| Waktu hijau (detik)       | (40-60)      | (30-60)      | (40-60)      | (30-60)      |

### 3.4.3 Skenario 3

Skenario 2 terlihat pada tabel 3.21.

. Tabel 3.21. Skenario 3

| Perlakuan                 | Ruas jalan   |              |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           | Ruas jalan 1 | Ruas jalan 2 | Ruas jalan 3 | Ruas jalan 4 |
| Start mobil jalan (detik) | (1-3)        | (1-5)        | (1-4)        | (1-3)        |
| Waktu hijau (detik)       | (40-60)      | (20-60)      | (40-60)      | (20-60)      |

[halaman ini sengaja dikosongkan]



## **BAB 4**

### **HASIL UJI COBA DAN ANALISIS**

Bab ini akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu implementasi penelitian, uji coba, dan analisis uji coba. Lingkungan uji coba meliputi hardware dan software yang digunakan untuk implementasi sistem. Uji coba meliputi tiga skenario yang diberikan. Analisis uji coba meliputi verifikasi terhadap hasil uji coba yang dilakukan.

#### **4.1 Implementasi Penelitian**

Penelitian ini dibangun dalam lingkungan pengembangan sebagai berikut:

|                |   |
|----------------|---|
| Sistem operasi | : Windows 7 32 bit                          |
| RAM            | : 2 GB                                      |
| Processor      | : AMD X43U, 1 GHz                           |
| IDE            | : Matlab R2012a, SPSS 2016, R 1402, XL Stat |
| Toolbox        | : Genetic Algorithm                         |

Toolbox Genetic Algorithm digunakan untuk optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas.

#### **4.2 Uji Coba**

Pada setiap skenario, Algoritma Genetika akan melakukan optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan cara :

- a. Inisialisasi kromsوم
- b. Evaluasi *fitness*
- c. *Linear fitness ranking*
- d. Seleksi rolet
- e. pindah silang
- f. Mutasi

##### **4.2.1 Hasil Uji Coba Skenario1**

Berikut Tahapan Algoritma Genetika skenario 1

- a. Inisialisasi Kromosom

Inisialisasi kromosom awal dilakukan untuk menghasilkan suatu solusi awal dari suatu permasalahan optimasi dalam algoritma genetika. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak dengan memberikan batas rentang start mobil jalan dan rentang lama waktu nyala lampu lalu lintas warna hijau pada masing-masing ruas jalan, inisialisasi kromosom terdiri dari 10 kromosom yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tabel Inisialisasi Kromosom (Skenario1)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 2                           | 42            | 1                           | 46            | 4                           | 42            | 2                           | 46            |
| 2           | 2                           | 53            | 4                           | 40            | 4                           | 53            | 2                           | 40            |
| 3           | 3                           | 41            | 4                           | 41            | 2                           | 41            | 3                           | 41            |
| 4           | 3                           | 60            | 2                           | 33            | 4                           | 60            | 3                           | 33            |
| 5           | 3                           | 43            | 5                           | 25            | 3                           | 43            | 1                           | 25            |
| 6           | 2                           | 54            | 4                           | 60            | 4                           | 54            | 1                           | 60            |
| 7           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 8           | 2                           | 34            | 2                           | 56            | 3                           | 34            | 2                           | 56            |
| 9           | 1                           | 38            | 3                           | 42            | 2                           | 38            | 1                           | 42            |
| 10          | 1                           | 37            | 2                           | 53            | 3                           | 37            | 1                           | 53            |

b. Evaluasi kromosom

Evaluasi kromosom bertujuan untuk mengevaluasi nilai *fitness* dari setiap kromosom yang diberikan, proses perhitungan nilai *fitness* (pertama) dengan nilai 64,484 pada tabel 4.2 dihitung dengan menggunakan formula 3.3.

$$1. \text{fitness ruas jalan 1 (fa1)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 2 - 0,026 \cdot 42 + 0,001 \cdot 2 \cdot 42}}$$

$$f(x_i, x_j) = 15,69337$$

$$2. \text{fitness ruas jalan 2 (fa2)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 1 - 0,026 \cdot 46 + 0,001 \cdot 1 \cdot 46}}$$

$$f(x_i, x_j) = 19,99937$$

$$3. \text{fitness ruas jalan 3 (fa3)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 4 - 0,026 \cdot 42 + 0,001 \cdot 4 \cdot 46}}$$

$$f(x_i, x_j) = 11,60874$$

$$4. \text{fitness ruas jalan 4 (fa4)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 2 - 0,026 \cdot 46 + 0,001 \cdot 2 \cdot 46}}$$

$$f(x_i, x_j) = 17,18252$$

$$\text{fitness} = \text{fa1} + \text{fa2} + \text{fa3} + \text{fa4}$$

$$= 15,69337 + 19,99937 + 11,60874 + 17,18252$$

$$= 64,48399 \text{ atau } 64,4840.$$

Tabel 4.2 merupakan hasil evaluasi *fitness* dari setiap kromosom yang diberikan.

Tabel 4.2. Tabel *Fitness* (skenario1)

| Kromosom ke | Fitness |
|-------------|---------|
| 1           | 64,484  |
| 2           | 60,8642 |
| 3           | 53,1294 |
| 4           | 60,7388 |
| 5           | 46,8241 |
| 6           | 80,0262 |
| 7           | 91,0695 |
| 8           | 67,4026 |
| 9           | 62,623  |
| 10          | 71,9196 |

Berdasarkan tabel 4.2, dilakukan prosedur *elitism* dengan cara membuat dua salinan kromosom yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi. Nilai *fitness* tertinggi diperoleh oleh kromosom ke tujuh, oleh karena itu kromosom ke tujuh disalin sebanyak 2 kali untuk ditempatkan pada kromosom ke-1 dan kromosom ke-2, *elitism* bertujuan menjaga agar individu yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama proses evolusi pertama dan ditempatkan dalam

temporari kromosom yang diberi warna latar abu – abu yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Tabel Kromosom *Elitsm* (Skenario1)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 2           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 3           | 3                           | 41            | 4                           | 41            | 2                           | 41            | 3                           | 41            |
| 4           | 3                           | 60            | 2                           | 33            | 4                           | 60            | 3                           | 33            |
| 5           | 3                           | 43            | 5                           | 25            | 3                           | 43            | 1                           | 25            |
| 6           | 2                           | 54            | 4                           | 60            | 4                           | 54            | 1                           | 60            |
| 7           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 8           | 2                           | 34            | 2                           | 56            | 3                           | 34            | 2                           | 56            |
| 9           | 1                           | 38            | 3                           | 42            | 2                           | 38            | 1                           | 42            |
| 10          | 1                           | 37            | 2                           | 53            | 3                           | 37            | 1                           | 53            |

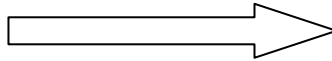
c. *Linear fitness ranking*

*Linear fitness ranking (LFR)* dilakukan untuk menghindari konvergensi pada solusi optimal lokal. Tujuan *LFR* yaitu melakukan penskalaan nilai *fitness* dengan menggunakan persamaan 3.4. Proses *linear fitness ranking* yaitu mengurutkan nilai *fitness* yang diperoleh dari *fitness* terkecil ke terbesar lalu menghitung nilai *linear Fitness Ranking* serta melakukan *index* penomoran yang terlihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4. Tabel *Linear Fitness Ranking* (skenario1)

| Kromosom ke | <i>Fitness</i> |
|-------------|----------------|
| 1           | 64,484         |
| 2           | 60,8642        |
| 3           | 53,1294        |
| 4           | 60,7388        |
| 5           | 46,8241        |
| 6           | 80,0262        |
| 7           | 91,0695        |
| 8           | 67,4026        |
| 9           | 62,623         |
| 10          | 71,9196        |

Diurutkan *fitness*  
kecil ke besar

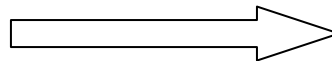


| Kromosom ke | <i>Linear fitness Ranging</i> |
|-------------|-------------------------------|
| 5           | 46,8241                       |
| 3           | 53,1294                       |
| 4           | 60,7388                       |
| 2           | 60,8642                       |
| 9           | 62,623                        |
| 1           | 64,484                        |
| 8           | 67,4026                       |
| 10          | 71,9196                       |
| 6           | 80,0262                       |
| 7           | 91,0695                       |



| Kromosom ke | <i>Fitness</i> |
|-------------|----------------|
| 5           | 46,8241        |
| 3           | 53,1294        |
| 4           | 60,7388        |
| 2           | 60,8642        |
| 9           | 62,623         |
| 1           | 64,484         |
| 8           | 67,4026        |
| 10          | 71,9196        |
| 6           | 80,0262        |
| 7           | 91,0695        |

Hitung LFR

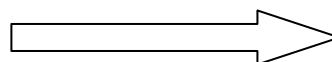


| Kromosom ke | <i>Linear fitness Ranging</i> |
|-------------|-------------------------------|
| 7           | 91,0695                       |
| 6           | 86,1534                       |
| 10          | 81,2372                       |
| 8           | 76,3210                       |
| 1           | 71,4049                       |
| 9           | 66,4888                       |
| 2           | 61,5726                       |
| 4           | 56,6564                       |
| 3           | 51,7403                       |
| 5           | 46,8241                       |



| Kromosom ke | <i>Fitness</i> |
|-------------|----------------|
| 7           | 91,0695        |
| 6           | 86,1534        |
| 10          | 81,2372        |
| 8           | 76,3211        |
| 1           | 71,4049        |
| 9           | 66,4888        |
| 2           | 61,5726        |
| 4           | 56,6564        |
| 3           | 51,7403        |
| 10          | 46,8241        |

Hasil LFR



| Kromosom ke | <i>Linear fitness Ranging</i> |
|-------------|-------------------------------|
| 1           | 71,4049                       |
| 2           | 61,5726                       |
| 3           | 51,7403                       |
| 4           | 56,6564                       |
| 5           | 46,8241                       |
| 6           | 86,1534                       |
| 7           | 91,0695                       |
| 8           | 76,3211                       |
| 9           | 66,4888                       |
| 10          | 81,2372                       |

d. Seleksi Rolet

Seleksi rolet bertujuan mendapatkan induk kromosom dengan cara menghitung komulatif *fitness* masing–masing kromosom setelah dilakukan proses *linear fitness ranking (LFR)*. Probabilitas komulatif setiap kromosom dilakukan dengan membagi jumlah komulatif *fitness* dengan total *fitness* yang terlihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Tabel Probabilitas Komulatif(skenario 1)

| <b>Kromosom Ke</b> | <b><i>Fitness</i></b> | <b>Jumlah komulatif<br/><i>Fitness</i></b> | <b>Probabilitas<br/>Komulatif</b> |
|--------------------|-----------------------|--|-----------------------------------|
| 1                  | 71,4049               | 71,4049                                    | 0,10357                           |
| 2                  | 61,5726               | 132,9775                                   | 0,19287                           |
| 3                  | 51,7403               | 184,7178                                   | 0,26791                           |
| 4                  | 56,6564               | 241,3742                                   | 0,35009                           |
| 5                  | 46,8241               | 288,1983                                   | 0,418                             |
| 6                  | 86,1534               | 374,3517                                   | 0,54296                           |
| 7                  | 91,0695               | 465,4212                                   | 0,67504                           |
| 8                  | 76,3211               | 541,7423                                   | 0,78574                           |
| 9                  | 66,4888               | 608,2311                                   | 0,88217                           |
| 10                 | 81,2372               | 689,4683                                   | 1                                 |
| Total Fitness      | 689,468               |  |                                   |

Berdasarkan tabel 4.5, pembangkitan bilangan acak antara 0 sampai 1 dilakukan untuk memilih kromosom sebagai orang tua berdasarkan nilai probabilitas komulatif kromosom yang dibandingkan dengan bilangan acak yang dihasilkan.

Bilangan acak pertama yang dihasilkan sebesar 0.5821 sehingga induk pertama terpilih sebagai kromosom orang tua yaitu pada kromosom ke-7 dan bilangan acak ke dua yang dihasilkan sebesar 0.9385 sehingga induk kromosom kedua yang terpilih sebagai orang tua kedua yaitu pada kromosom ke-10, sehingga Kromosom orang tua diambil dari kromosom ke-7 dan kromosom ke-10 yang diberi warna latar abu –abu pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Tabel Seleksi Rolet(skenario1)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 2           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 3           | 3                           | 41            | 4                           | 41            | 2                           | 41            | 3                           | 41            |
| 4           | 3                           | 60            | 2                           | 33            | 4                           | 60            | 3                           | 33            |
| 5           | 3                           | 43            | 5                           | 25            | 3                           | 43            | 1                           | 25            |
| 6           | 2                           | 54            | 4                           | 60            | 4                           | 54            | 1                           | 60            |
| 7           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 8           | 2                           | 34            | 2                           | 56            | 3                           | 34            | 2                           | 56            |
| 9           | 1                           | 38            | 3                           | 42            | 2                           | 38            | 1                           | 42            |
| 10          | 1                           | 37            | 2                           | 53            | 3                           | 37            | 1                           | 53            |

## e. Pindah silang

Pindah silang adalah proses rekombinasi secara acak terhadap kromosom. Pindah silang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pindah silang satu titik (*one-point*). Prinsip pindah silang satu titik adalah memilih satu potongan dalam kromosom orang tua secara acak kemudian saling ditukarkan dengan kromosom dari orang tua yang lainnya yaitu dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 0 sampai 1 kemudian dibandingkan dengan probabilitas pindah silang yang telah ditentukan sebesar 0.8, setelah itu membangkitkan satu titik potong untuk saling menukar gen dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 1 sampai dengan jumlah gen dibagi 2, dalam hal ini hasil bilangan acak yang dibangkitkan adalah 1, sehingga kromosom pertama pada induk pertama dengan gen ke-1 dan ke-2 ditukarkan dengan gen ke-1 dan gen ke-2 pada kromosom kedua, serta gen ke-5 dan gen ke-6 pada kromosom 1 ditukarkan dengan gen ke-5 dan gen ke-6 dari kromosom ke dua yang diberi latar abu – abu pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. pindah silang.

| * pemilihan orang tua | Index | Kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|-----------------------|-------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|                       |       | 7        | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 | 7 | 10 |
|                       | IP1   | 1        | 60 | 3 | 56 | 3 | 60 | 1 | 56 |
|                       | IP2   | 1        | 37 | 2 | 53 | 3 | 37 | 1 | 53 |

|                       |          |    |   |    |   |    |   |    |
|-----------------------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
| * Hasil pindah silang | Kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|                       | 1        | 37 | 3 | 56 | 3 | 37 | 1 | 56 |
|                       | 1        | 60 | 2 | 53 | 3 | 60 | 1 | 53 |

f. Mutasi

Mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi dua gen dari kromosom, Mutasi dilakukan setelah proses seleksi rolet dan pindah silang dilakukan. Mutasi dilakukan dengan probabilitas sebesar 0,125 atau 1/ total gen didalam satu kromosom yang terlihat dalam tabel 4.8.

Tabel 4.8. Tabel Kromosom Yang Mengalami Proses Mutasi (skenario1)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 2           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 3           | 1                           | 37            | 3                           | 56            | 3                           | 37            | 1                           | 56            |
| 4           | 1                           | 60            | 2                           | 53            | 3                           | 60            | 1                           | 53            |
| 5           | 2                           | 42            | 3                           | 42            | 4                           | 42            | 1                           | 42            |
| 6           | 1                           | 38            | 1                           | 46            | 2                           | 38            | 2                           | 46            |
| 7           | 3                           | 43            | 2                           | 53            | 3                           | 43            | 1                           | 53            |
| 8           | 1                           | 37            | 5                           | 25            | 3                           | 37            | 1                           | 25            |
| 9           | 2                           | 42            | 4                           | 60            | 4                           | 42            | 1                           | 60            |
| 10          | 2                           | 54            | 1                           | 46            | 4                           | 54            | 2                           | 46            |

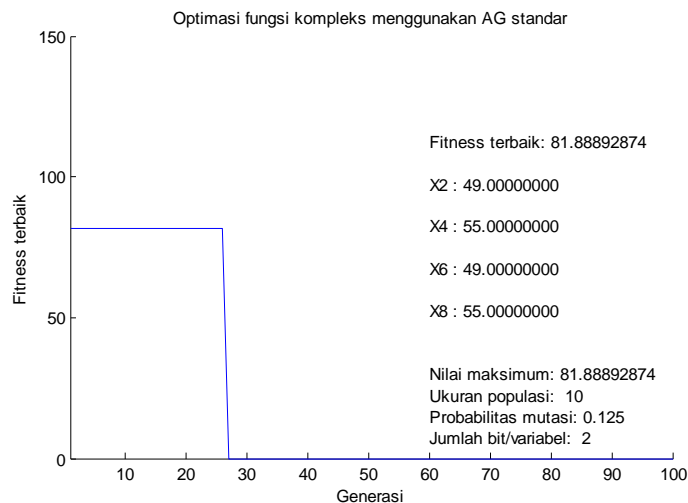
Mutasi terjadi jika bilangan acak yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi sebesar 0,125, prosesnya menghitung total gen dalam satu populasi (panjang gen x banyak kromosom) hal ini bertujuan untuk menentukan posisi gen yang akan termutasi, posisi gen yang termutasi adalah posisi gen ke 20 dan gen ke 24 yang bernilai 56 detik dengan warna latar kuning, setelah itu diganti dengan nilai batas bawah waktu hijau 20 detik pada gen yang mengalami proses mutasi yang diberi warna latar kuning pada tabel 4.9.



Tabel 4.9. Tabel Kromosom hasil mutasi (skenario1)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 2           | 1                           | 60            | 3                           | 56            | 3                           | 60            | 1                           | 56            |
| 3           | 1                           | 37            | 3                           | 20            | 3                           | 37            | 1                           | 20            |
| 4           | 1                           | 60            | 2                           | 53            | 3                           | 60            | 1                           | 53            |
| 5           | 2                           | 42            | 3                           | 42            | 4                           | 42            | 1                           | 42            |
| 6           | 1                           | 38            | 1                           | 46            | 2                           | 38            | 2                           | 46            |
| 7           | 3                           | 43            | 2                           | 53            | 3                           | 43            | 1                           | 53            |
| 8           | 1                           | 37            | 5                           | 25            | 3                           | 37            | 1                           | 25            |
| 9           | 2                           | 42            | 4                           | 60            | 4                           | 42            | 1                           | 60            |
| 10          | 2                           | 54            | 1                           | 46            | 4                           | 54            | 2                           | 46            |

Proses algoritma genetika dalam mencari kombinasi lama nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal akan dilakukan terus menerus sehingga akan dihasilkan lama nyala lampu yang optimal yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Jumlah Mobil (*fitness function*) yang melewati Persimpangan (skenario1)

Algoritma Genetika mencapai konvergensi pada generasi ke-26 sebelum maksimum generasi tercapai untuk mendapatkan *fitness function* (nyala lampu hijau yang optimal) pada gambar 4.1, hal ini dikarenakan nilai *fitness function* pada generasi ke-26 memiliki nilai *fitness function* yang sama dengan 25 generasi sebelumnya sehingga proses optimasi nyala lampu berhenti. Dalam hal ini nilai

nyala lampu hijau yang dihasilkan untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 49 detik, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 55 detik dengan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan (*fitness function*) sebanyak 82 mobil. Tabel 4.10 merupakan *fitness function* yang dihasilkan sesuai skenario 1.

Tabel 4.10. nilai *fitness functions* kenario 1 yang dihasilkan.

| no | fitness | no | fitness |
|----|---------|----|---------|
| 1  | 81,8889 | 14 | 81,8889 |
| 2  | 81,8889 | 15 | 81,8889 |
| 3  | 81,8889 | 16 | 81,8889 |
| 4  | 81,8889 | 17 | 81,8889 |
| 5  | 81,8889 | 18 | 81,8889 |
| 6  | 81,8889 | 19 | 81,8889 |
| 7  | 81,8889 | 20 | 81,8889 |
| 8  | 81,8889 | 21 | 81,8889 |
| 9  | 81,8889 | 22 | 81,8889 |
| 10 | 81,8889 | 23 | 81,8889 |
| 11 | 81,8889 | 24 | 81,8889 |
| 12 | 81,8889 | 25 | 81,8889 |
| 13 | 81,8889 | 26 | 81,8889 |

#### 4.2.2 Hasil Uji Coba Skenario 2

##### a. Inisialisasi Kromosom

Inisialisasi kromosom awal dilakukan untuk menghasilkan suatu solusi awal dari suatu permasalahan optimasi dalam algoritma genetika. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak dengan memberikan batas rentang start mobil jalan dan rentang lama waktu nyala lampu lalu lintas warna hijau pada masing-masing ruas jalan, inisialisasi kromosom terdiri dari 10 kromosom yang terlihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11. Inisialisasi Kromosom (Skenario2)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 49            | 2                           | 46            | 4                           | 49            | 3                           | 46            |
| 2           | 2                           | 41            | 4                           | 48            | 4                           | 41            | 3                           | 48            |
| 3           | 1                           | 51            | 2                           | 36            | 2                           | 51            | 3                           | 36            |

|    |   |    |   |    |   |    |   |    |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 4  | 2 | 47 | 5 | 47 | 4 | 47 | 2 | 47 |
| 5  | 2 | 53 | 4 | 53 | 1 | 53 | 1 | 53 |
| 6  | 3 | 56 | 2 | 53 | 4 | 56 | 1 | 53 |
| 7  | 2 | 46 | 5 | 31 | 3 | 46 | 3 | 31 |
| 8  | 2 | 60 | 2 | 31 | 1 | 60 | 2 | 31 |
| 9  | 3 | 54 | 5 | 43 | 4 | 54 | 2 | 43 |
| 10 | 1 | 59 | 4 | 55 | 3 | 59 | 1 | 55 |

b. Evaluasi kromosom

Evaluasi kromosom bertujuan untuk mengevaluasi nilai *fitness* dari setiap kromosom yang diberikan, proses perhitungan nilai *fitness* (pertama) dengan nilai 66,8208 pada tabel 4.12 dihitung dengan menggunakan formula 3.3.

$$1. \text{fitness ruas jalan 1 (fa1)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 1 - 0,026 \cdot 49 + 0,001 \cdot 1 \cdot 49}}$$

$$f(x_i, x_j) = 21,44377$$

$$2. \text{fitness ruas jalan 2 (fa2)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 2 - 0,026 \cdot 46 + 0,001 \cdot 2 \cdot 46}}$$

$$f(x_i, x_j) = 17,18252$$

$$3. \text{fitness ruas jalan 3 (fa3)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 4 - 0,026 \cdot 49 + 0,001 \cdot 4 \cdot 49}}$$

$$f(x_i, x_j) = 13,45334$$

$$4. \text{fitness ruas jalan 4 (fa4)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 3 - 0,026 \cdot 46 + 0,001 \cdot 3 \cdot 46}}$$

$$f(x_i, x_j) = 14,74114$$

$$\begin{aligned}
 fitness &= fa1 + fa2 + fa3 + fa4 \\
 &= 21,44377 + 17,18252 + 13,45334 + 14,74114 \\
 &= 66,82078 \text{ atau } 66,8208.
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 merupakan hasil evaluasi *fitness* dari setiap kromosom yang diberikan.

Tabel 4.12. Tabel Fitness (skenario2)

| Kromosom ke | Fitness |
|-------------|---------|
| 1           | 66,8208 |
| 2           | 55,279  |
| 3           | 67,2101 |
| 4           | 59,0815 |
| 5           | 81,7795 |
| 6           | 77,5222 |
| 7           | 50,4868 |
| 8           | 75,4994 |
| 9           | 58,708  |
| 10          | 86,3936 |

Berdasarkan tabel 4.12, dilakukan prosedur *elitism* dengan cara membuat dua salinan kromosom yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi. Nilai *fitness* tertinggi diperoleh oleh kromosom ke tujuh, oleh karena itu kromosom ke sepuluh disalin sebanyak 2 kali untuk ditempatkan pada kromosom ke-1 dan kromosom ke-2, *elitism* bertujuan menjaga agar individu yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama proses evolusi pertama dan ditempatkan dalam temporari kromosom yang diberi warna latar biru yang terlihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13. Tabel Kromosom Elitism (Skenario2)

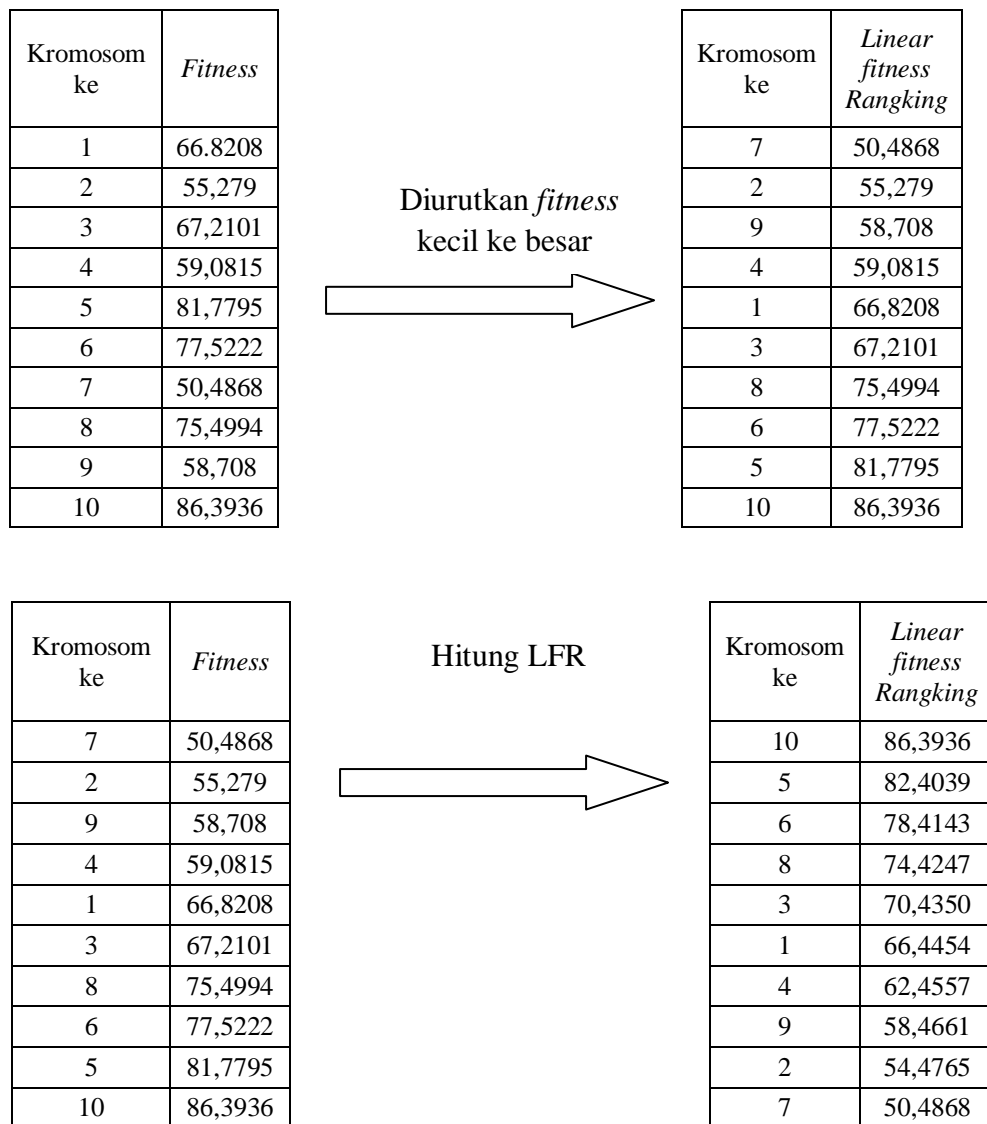
| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 2           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 3           | 1                           | 51            | 2                           | 36            | 2                           | 51            | 3                           | 36            |
| 4           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 5           | 2                           | 53            | 4                           | 53            | 1                           | 53            | 1                           | 53            |
| 6           | 3                           | 56            | 2                           | 53            | 4                           | 56            | 1                           | 53            |
| 7           | 2                           | 46            | 5                           | 31            | 3                           | 46            | 3                           | 31            |
| 8           | 2                           | 60            | 2                           | 31            | 1                           | 60            | 2                           | 31            |

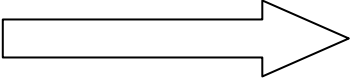
|    |   |    |   |    |   |    |   |    |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 9  | 3 | 54 | 5 | 43 | 4 | 54 | 2 | 43 |
| 10 | 1 | 59 | 4 | 55 | 3 | 59 | 1 | 55 |

c. *Linear fitness ranking*

*Linear fitness ranking (LFR)* dilakukan untuk menghindari konvergensi pada solusi optimal lokal. Tujuan *LFR* yaitu melakukan penskalaan nilai *fitness* dengan menggunakan persamaan 3.4. Proses *linear fitness ranking* yaitu mengurutkan nilai *fitness* yang diperoleh dari *fitness* terkecil ke terbesar lalu menghitung nilai *linear Fitness Ranking* serta melakukan *index* penomoran yang terlihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14. Tabel *Linear Fitness Ranking* (skenario2)



| Kromosom ke | <i>Fitness</i> | Hasil LFR   | Kromosom ke | <i>Linear fitness Rangking</i> |
|-------------|----------------|---|-------------|--------------------------------|
| 10          | 86,3936        |   | 1           | 66,4454                        |
| 5           | 82,4039        |  | 2           | 54,4765                        |
| 6           | 78,4143        |   | 3           | 70,435                         |
| 8           | 74,4247        |   | 4           | 62,4557                        |
| 3           | 70,435         |   | 5           | 82,4039                        |
| 1           | 66,4454        |   | 6           | 78,4143                        |
| 4           | 62,4557        |   | 7           | 50,4868                        |
| 9           | 58,4661        |   | 8           | 74,4247                        |
| 2           | 54,4765        |   | 9           | 58,4661                        |
| 7           | 50,4868        |   | 10          | 86,3936                        |

#### D. Seleksi rolet

Seleksi rolet bertujuan mendapatkan induk kromosom dengan cara menghitung komulatif *fitness* masing–masing kromosom setelah dilakukan proses *linear fitness rangking (LFR)*. Probabilitas komulatif setiap kromosom dilakukan dengan membagi jumlah komulatif *fitness* dengan total *fitness* yang terlihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15. Tabel Probabilitas Komulatif(skenario 2)

| Kromosom Ke   | <i>fitness</i> | Jumlah Fitness | probabilitas komulatif |
|---------------|----------------|----------------|------------------------|
| 1             | 66.4454        | 66,4454        | 0,09709                |
| 2             | 54,4765        | 120,9219       | 0,17668                |
| 3             | 70,435         | 191,3569       | 0,2796                 |
| 4             | 62,4557        | 253,8126       | 0,37085                |
| 5             | 82,4039        | 336,2165       | 0,49126                |
| 6             | 78,4143        | 414,6308       | 0,60583                |
| 7             | 50,4868        | 465,1176       | 0,6796                 |
| 8             | 74,4247        | 539,5423       | 0,78834                |
| 9             | 58,4661        | 598,0084       | 0,87377                |
| 10            | 86,3936        | 684,402        | 1                      |
| Total Fitness | 684.402        |                |                        |

Berdasarkan tabel 4.15, pembangkitan bilangan acak antara 0 sampai 1 dilakukan untuk memilih kromosom sebagai orang tua berdasarkan nilai probabilitas kumulatif kromosom yang dibandingkan dengan bilangan acak yang dihasilkan.

Bilangan acak pertama yang dihasilkan sebesar 0.6184 sehingga induk pertama terpilih sebagai kromosom orang tua yaitu pada kromosom ke-7 dan bilangan acak ke dua yang dihasilkan sebesar 0.9470 sehingga induk kromosom kedua yang terpilih sebagai orang tua kedua yaitu pada kromosom ke-10, sehingga Kromosom orang tua diambil dari kromosom ke-7 dan kromosom ke-10 yang diberi warna latar biru pada tabel 4.16.

Tabel 4.16. Tabel Seleksi Roulet dan Pindah Silang (skenario2)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 2           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 3           | 1                           | 51            | 2                           | 36            | 2                           | 51            | 3                           | 36            |
| 4           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 5           | 2                           | 53            | 4                           | 53            | 1                           | 53            | 1                           | 53            |
| 6           | 3                           | 56            | 2                           | 53            | 4                           | 56            | 1                           | 53            |
| 7           | 2                           | 46            | 5                           | 31            | 3                           | 46            | 3                           | 31            |
| 8           | 2                           | 60            | 2                           | 31            | 1                           | 60            | 2                           | 31            |
| 9           | 3                           | 54            | 5                           | 43            | 4                           | 54            | 2                           | 43            |
| 10          | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |

|   |                     |    |                |    |   |    |   |    |   |    |
|---|---------------------|----|----------------|----|---|----|---|----|---|----|
| * | pemilihan orang tua |    | Index kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|   | IP1                 | 7  | 2              | 46 | 5 | 31 | 3 | 46 | 3 | 31 |
|   | IP2                 | 10 | 1              | 59 | 4 | 55 | 3 | 59 | 1 | 55 |

#### e. Pindah Silang

Pindah silang adalah proses rekombinasi secara acak terhadap kromosom. Pindah silang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pindah silang satu titik (*one-point*). Prinsip pindah silang satu titik adalah memilih satu potongan dalam kromosom orang tua secara acak kemudian saling ditukarkan dengan kromosom dari orang tua yang lainnya yaitu dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 0 sampai 1 kemudian dibandingkan dengan probabilitas pindah silang yang telah ditentukan sebesar 0.8, setelah itu membangkitkan satu titik potong untuk

saling menukar gen dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 1 sampai dengan jumlah gen dibagi 2, dalam hal ini hasil bilangan acak yang dibangkitkan adalah 4, sehingga kromosom pertama pada induk pertama dengan gen ke-3 dan ke-4 ditukarkan dengan gen ke-3 dan gen ke-4 pada kromosom kedua, serta gen ke-7 dan ke-8 pada kromosom 1 ditukarkan dengan gen ke-7 dan gen ke-8 dari kromosom ke dua yang diberi latar biru pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Hasil pindah silang

| * | pemilihan<br>orang tua | Index | kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|---|------------------------|-------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|   |                        |       | 2        | 46 | 5 | 31 | 3 | 46 | 3 | 31 |
|   | IP1                    | 7     |          |    |   |    |   |    |   |    |
|   | IP2                    | 10    | 1        | 59 | 4 | 55 | 3 | 59 | 1 | 55 |

| * | Hasil pindah silang | kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|---|---------------------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|   |                     | 2        | 46 | 4 | 55 | 3 | 46 | 1 | 55 |
|   |                     | 1        | 59 | 5 | 31 | 3 | 59 | 3 | 31 |

#### f. Mutasi

Mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi dua gen dari kromosom, Mutasi dilakukan setelah proses seleksi rolet dan pindah silang dilakukan. Mutasi dilakukan dengan probabilitas sebesar 0,125 atau 1/ total gen didalam satu kromosom yang terlihat dalam tabel 4.18.

Tabel 4.18 Tabel Kromosom Yang Mengalami Proses Mutasi (skenario2)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 2           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 3           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 4           | 3                           | 56            | 2                           | 53            | 4                           | 56            | 1                           | 53            |
| 5           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 6           | 2                           | 53            | 4                           | 53            | 1                           | 53            | 1                           | 53            |
| 7           | 2                           | 46            | 4                           | 55            | 3                           | 46            | 1                           | 55            |
| 8           | 1                           | 59            | 5                           | 31            | 3                           | 59            | 3                           | 31            |
| 9           | 2                           | 46            | 2                           | 36            | 3                           | 46            | 3                           | 36            |
| 10          | 1                           | 51            | 5                           | 31            | 2                           | 51            | 3                           | 31            |

Mutasi terjadi jika bilangan acak yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi sebesar 0,125, prosesnya menghitung total gen dalam satu populasi

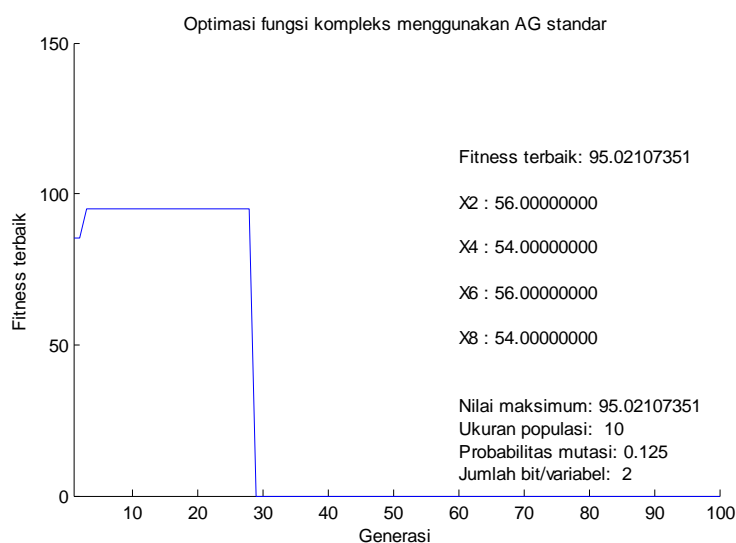


(panjang gen x banyak kromosom) hal ini bertujuan untuk menentukan posisi gen yang akan termutasi, posisi gen yang termutasi adalah posisi gen ke- 30 dan gen ke-34 yang bernilai 56 detik dengan warna latar kuning, setelah itu diganti dengan nilai batas bawah waktu hijau 40 detik pada gen yang mengalami proses mutasi yang diberi warna latar kuning pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Tabel Kromosom hasil mutasi

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 2           | 1                           | 59            | 4                           | 55            | 3                           | 59            | 1                           | 55            |
| 3           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 4           | 3                           | 40            | 2                           | 53            | 4                           | 40            | 1                           | 53            |
| 5           | 2                           | 47            | 5                           | 47            | 4                           | 47            | 2                           | 47            |
| 6           | 2                           | 53            | 4                           | 53            | 1                           | 53            | 1                           | 53            |
| 7           | 2                           | 46            | 4                           | 55            | 3                           | 46            | 1                           | 55            |
| 8           | 1                           | 59            | 5                           | 31            | 3                           | 59            | 3                           | 31            |
| 9           | 2                           | 46            | 2                           | 36            | 3                           | 46            | 3                           | 36            |
| 10          | 1                           | 51            | 5                           | 31            | 2                           | 51            | 3                           | 31            |

Proses algoritma genetika dalam mencari kombinasi lama nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal akan dilakukan terus menerus sehingga akan dihasilkan lama nyala lampu yang optimal yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Jumlahmobil (*fitness function*) yang melewati persimpangan (skenario 2)

Algoritma Genetika mencapai konvergen pada generasi ke-28 sebelum maksimum generasi tercapai untuk mendapatkan *fitness function* (nyala lampu hijau yang optimal) pada gambar 4.2, hal ini dikarenakan nilai *fitness function* pada generasi ke-25 memiliki nilai *fitness function* yang sama dengan 25 generasi sebelumnya sehingga proses optimasi nyala lampu berhenti. Dalam hal ini nilai nyala lampu hijau yang dihasilkan untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 56 detik, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 54 detik dengan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan (*fitness function*) sebanyak 95 mobil. Tabel 4.20 merupakan *fitness function* yang dihasilkan sesuai skenario 2.

Tabel 4.20. Hasil Fitness Function Skenario 2

| No | Fitness | No | Fitness |
|----|---------|----|---------|
| 1  | 85,3345 | 15 | 95,0211 |
| 2  | 85,3345 | 16 | 95,0211 |
| 3  | 95,0211 | 17 | 95,0211 |
| 4  | 95,0211 | 18 | 95,0211 |
| 5  | 95,0211 | 19 | 95,0211 |
| 6  | 95,0211 | 20 | 95,0211 |
| 7  | 95,0211 | 21 | 95,0211 |
| 8  | 95,0211 | 22 | 95,0211 |
| 9  | 95,0211 | 23 | 95,0211 |
| 10 | 95,0211 | 24 | 95,0211 |
| 11 | 95,0211 | 26 | 95,0211 |
| 12 | 95,0211 | 26 | 95,0211 |
| 13 | 95,0211 | 27 | 95,0211 |
| 14 | 95,0211 | 28 | 95,0211 |

### 4.2.3 Hasil Uji Coba Skenario 3

#### a. Inisialisasi Kromosom

Inisialisasi kromosom awal dilakukan untuk menghasilkan suatu solusi awal dari suatu permasalahan optimasi dalam algoritma genetika. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak dengan memberikan batas rentang start mobil jalan dan rentang lama waktu nyala lampu lalu lintas warna hijau pada masing-masing ruas jalan, inisialisasi kromosom terdiri dari 10 kromosom yang terlihat pada tabel 4.21

Tabel 4.21. Tabel Inisialisasi Kromosom (Skenario3)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 3                           | 52            | 1                           | 57            | 1                           | 52            | 2                           | 57            |
| 2           | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            | 3                           | 57            |
| 3           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 4           | 2                           | 59            | 1                           | 35            | 3                           | 59            | 1                           | 35            |
| 5           | 2                           | 53            | 4                           | 47            | 1                           | 53            | 2                           | 47            |
| 6           | 1                           | 47            | 1                           | 25            | 2                           | 47            | 3                           | 25            |
| 7           | 1                           | 58            | 3                           | 44            | 4                           | 58            | 3                           | 44            |
| 8           | 2                           | 60            | 5                           | 41            | 3                           | 60            | 2                           | 41            |
| 9           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 10          | 3                           | 43            | 1                           | 53            | 4                           | 43            | 2                           | 53            |

## b. Evaluasi kromosom

Evaluasi kromosom bertujuan untuk mengevaluasi nilai *fitness* dari setiap kromosom yang diberikan, proses perhitungan nilai *fitness* (pertama) dengan nilai 87,5455 pada tabel 4.22 dihitung dengan menggunakan formula 3.3.

$$1. \text{fitness ruas jalan 1 (fa1)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 3 - 0,026 \cdot 52 + 0,001 \cdot 3 \cdot 52}}$$

$$f(x_i, x_j) = 16,79825$$

$$2. \text{fitness ruas jalan 2 (fa2)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 1 - 0,026 \cdot 57 + 0,001 \cdot 1 \cdot 57}}$$

$$f(x_i, x_j) = 25,77660$$

$$3. \text{fitness ruas jalan 3 (fa3)} = f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 1 - 0,026 \cdot 52 + 0,001 \cdot 1 \cdot 52}}$$

$$f(x_i, x_j) = 22,98377$$

4. *fitness* ruas jalan 4 (fa4) =

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot x_i - 0,026 x_j + 0,001 x_i \cdot x_j}}$$

$$f(x_i, x_j) = \frac{294,980}{1 + e^{3,655 + 0,116 \cdot 2 - 0,026 \cdot 57 + 0,001 \cdot 2 \cdot 57}}$$

$$f(x_i, x_j) = 21,98689$$

*fitness* = fa1 + fa2 + fa3 + fa4

$$= 16,79825 + 25,77660 + 22,98377 + 21,98689$$

$$= 87,54551 \text{ atau } 87,5455.$$

Tabel 4.22 merupakan hasil evaluasi *fitness* dari kromosom yang diberikan.

Tabel 4.22. Tabel Fitness (skenario3)

| kromosom ke | Fitness |
|-------------|---------|
| 1           | 87,5455 |
| 2           | 88,466  |
| 3           | 88,5753 |
| 4           | 73,4074 |
| 5           | 74,1053 |
| 6           | 59,485  |
| 7           | 70,828  |
| 8           | 68,5694 |
| 9           | 85,8733 |
| 10          | 69,2916 |

Berdasarkan tabel 4.22, dilakukan prosedur *elitism* dengan cara membuat dua salinan kromosom yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi. Nilai *fitness* tertinggi diperoleh oleh kromosom ke tiga, oleh karena itu kromosom ke tiga disalin sebanyak 2 kali untuk ditempatkan pada kromosom ke-1 dan kromosom ke-2, *elitism* bertujuan menjaga agar individu yang mempunyai nilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama proses evolusi pertama dan ditempatkan dalam temporari kromosom yang diberi warna latar hijau yang terlihat pada tabel 4.23

Tabel 4.23. Tabel Kromosom Elitism (Skenario3)

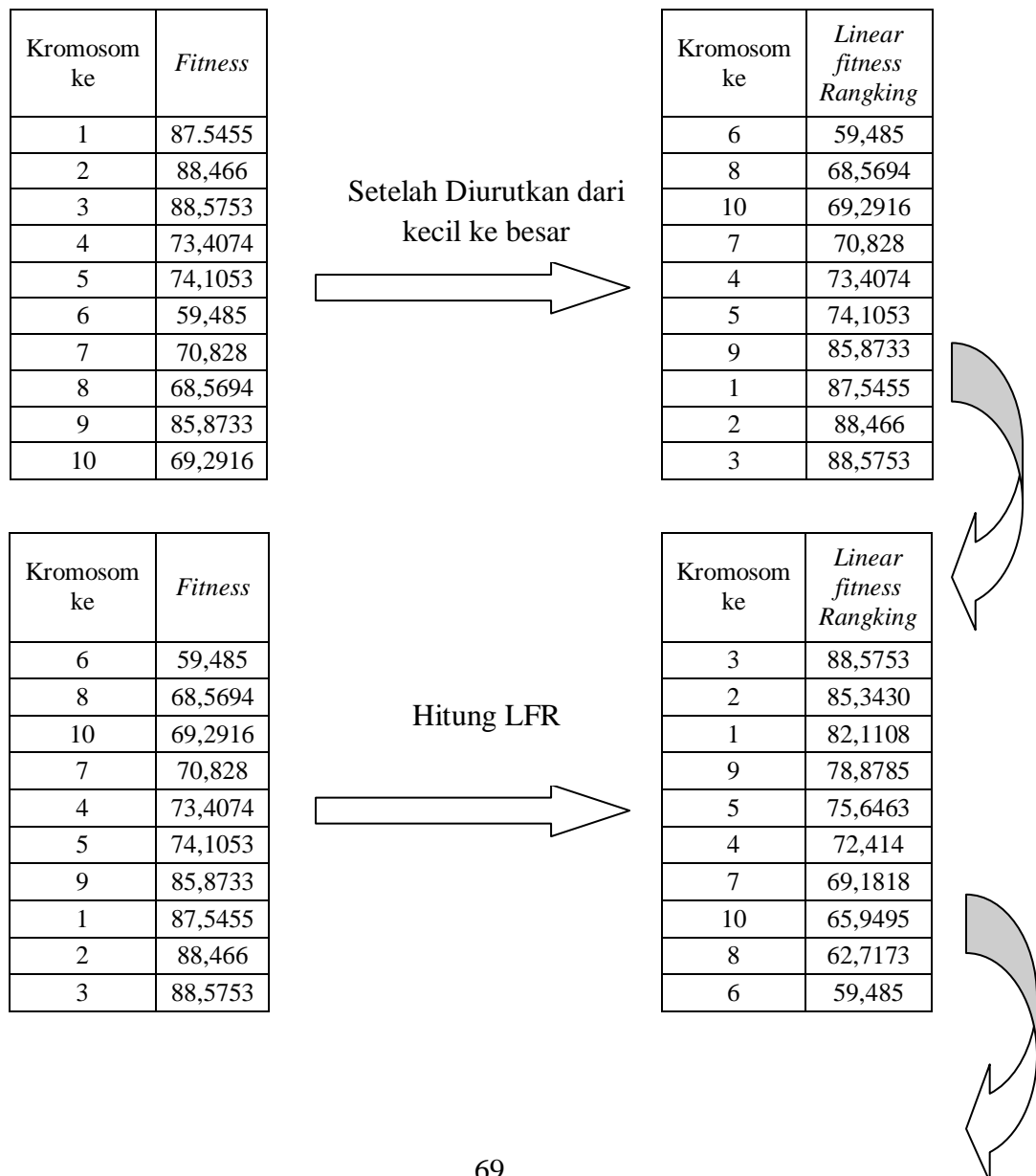
| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 2           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 3           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 4           | 2                           | 59            | 1                           | 35            | 3                           | 59            | 1                           | 35            |
| 5           | 2                           | 53            | 4                           | 47            | 1                           | 53            | 2                           | 47            |
| 6           | 1                           | 47            | 1                           | 25            | 2                           | 47            | 3                           | 25            |
| 7           | 1                           | 58            | 3                           | 44            | 4                           | 58            | 3                           | 44            |

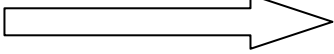
|    |   |    |   |    |   |    |   |    |
|----|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 8  | 2 | 60 | 5 | 41 | 3 | 60 | 2 | 41 |
| 9  | 1 | 58 | 1 | 41 | 1 | 58 | 2 | 41 |
| 10 | 3 | 43 | 1 | 53 | 4 | 43 | 2 | 53 |

b. *Linear fitness ranking*

*Linear fitness ranking (LFR)* dilakukan untuk menghindari konvergensi pada solusi optimal lokal. Tujuan *LFR* yaitu melakukan penskalaan nilai *fitness* dengan menggunakan persamaan 3.4. Proses *linear fitness ranking* yaitu mengurutkan nilai *fitness* yang diperoleh dari *fitness* terkecil ke terbesar lalu menghitung nilai *linear Fitness Ranking* serta melakukan *index* penomoran yang terlihat pada tabel 4.24

Tabel 4.24.. Tabel *Linear Fitness Ranking* (skenario3)



| Kromosom ke | <i>Fitness</i> | Hasil LFR   | Kromosom ke | <i>Linear fitness Rangking</i> |
|-------------|----------------|---|-------------|--------------------------------|
| 3           | 88,5753        |   | 1           | 82,1108                        |
| 2           | 85,343         |  | 2           | 85,343                         |
| 1           | 82,1108        |   | 3           | 88,5753                        |
| 9           | 78,8785        |   | 4           | 72,414                         |
| 5           | 75,6463        |   | 5           | 75,6463                        |
| 4           | 72,414         |   | 6           | 59,485                         |
| 7           | 69,1818        |   | 7           | 69,1818                        |
| 10          | 65,9495        |   | 8           | 62,7173                        |
| 8           | 62,7173        |   | 9           | 78,8785                        |
| 6           | 59,485         |   | 10          | 65,9495                        |

### c. Seleksi Rolet

Seleksi rolet bertujuan mendapatkan induk kromosom dengan cara menghitung komulatif *fitness* masing–masing kromosom setelah dilakukan proses *linear fitness rangking (LFR)*. Probabilitas komulatif setiap kromosom dilakukan dengan membagi jumlah komulatif *fitness* dengan total *fitness* yang terlihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25. Tabel Probabilitas Komulatif(skenario 3)

| Kromosom Ke | <i>fitness</i> | Jumlah Fitness | probabilitas kumulatif |
|-------------|----------------|----------------|------------------------|
| 1           | 82.1108        | 82,1108        | 0,11092                |
| 2           | 85,343         | 167,4538       | 0,2262                 |
| 3           | 88,5753        | 256,0291       | 0,34584                |
| 4           | 72,414         | 328,4431       | 0,44366                |
| 5           | 75,6463        | 404,0894       | 0,54584                |
| 6           | 59,485         | 463,5744       | 0,6262                 |
| 7           | 69,1817        | 532,7561       | 0,71965                |
| 8           | 62,7172        | 595,4733       | 0,80437                |
| 9           | 78,8785        | 674,3518       | 0,91092                |
| 10          | 65,9495        | 740,3013       | 1                      |
| Total       | 740,301        |                |                        |

Berdasarkan tabel 4.25, pembangkitan bilangan acak antara 0 sampai 1 dilakukan untuk memilih kromosom sebagai orang tua berdasarkan nilai

probabilitas komulatif kromosom yang dibandingkan dengan bilangan acak yang dihasilkan.

Bilangan acak pertama yang dihasilkan sebesar 0.8570 sehingga induk pertama terpilih sebagai kromosom orang tua yaitu pada kromosom ke-9 dan bilangan acak ke dua yang dihasilkan sebesar 0.2430 sehingga induk kromosom kedua yang terpilih sebagai orang tua kedua yaitu pada kromosom ke-3, sehingga Kromosom orang tua diambil dari kromosom ke-9 dan kromosom ke-3 yang diberi warna latar hijau pada tabel 4.26.

Tabel 4.26. Tabel Seleksi Rolet dan Pindah Silang

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 2           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 3           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 4           | 2                           | 59            | 1                           | 35            | 3                           | 59            | 1                           | 35            |
| 5           | 2                           | 53            | 4                           | 47            | 1                           | 53            | 2                           | 47            |
| 6           | 1                           | 47            | 1                           | 25            | 2                           | 47            | 3                           | 25            |
| 7           | 1                           | 58            | 3                           | 44            | 4                           | 58            | 3                           | 44            |
| 8           | 2                           | 60            | 5                           | 41            | 3                           | 60            | 2                           | 41            |
| 9           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 10          | 3                           | 43            | 1                           | 53            | 4                           | 43            | 2                           | 53            |

| * | pemilihan<br>orang tua | Index | Kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|---|------------------------|-------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|   | IP1                    | 9     | 1        | 58 | 1 | 41 | 1 | 58 | 2 | 41 |
|   | IP2                    | 3     | 1        | 58 | 2 | 59 | 4 | 58 | 2 | 59 |

#### e. Pindah silang

Pindah silang adalah proses rekombinasi secara acak terhadap kromosom. Pindah silang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pindah silang satu titik (*one-point*). Prinsip pindah silang satu titik adalah memilih satu potongan dalam kromosom orang tua secara acak kemudian saling ditukarkan dengan kromosom dari orang tua yang lainnya yaitu dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 0 sampai 1 kemudian dibandingkan dengan probabilitas pindah silang yang telah ditentukan sebesar 0.8, setelah itu membangkitkan satu titik potong untuk

saling menukar gen dengan cara membangkitkan bilangan acak antara 1 sampai dengan jumlah gen dibagi 2, dalam hal ini hasil bilangan acak yang dibangkitkan adalah 4, sehingga kromosom pertama pada induk pertama dengan gen ke-3 dan ke-4 ditukarkan dengan gen ke-3 dan gen ke-4 pada kromosom kedua, serta gen ke-7 dan ke-8 pada kromosom 1 ditukarkan dengan gen ke-7 dan gen ke-8 dari kromosom ke dua yang diberi latar hijau pada tabel 4.27.

Tabel 4.27. Hasil pindah silang

| * | pemilihan orang tua | Index | Kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|---|---------------------|-------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|   |                     |       | 1        | 58 | 1 | 41 | 1 | 58 | 2 | 41 |
|   | IP1                 | 9     | 1        | 58 | 1 | 41 | 1 | 58 | 2 | 41 |
|   | IP2                 | 3     | 1        | 58 | 2 | 59 | 4 | 58 | 2 | 59 |

| Hasil pindah silang | kromosom |    |   |    |   |    |   |    |
|---------------------|----------|----|---|----|---|----|---|----|
|                     | 1        | 58 | 2 | 59 | 1 | 58 | 2 | 59 |
|                     | 1        | 58 | 1 | 41 | 4 | 58 | 2 | 41 |

#### f. Mutasi

Mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi dua gen dari kromosom, Mutasi dilakukan setelah proses seleksi rolet dan pindah silang dilakukan. Mutasi dilakukan dengan probabilitas sebesar 0,125 atau 1/ total gen didalam satu kromosom yang terlihat dalam tabel 4.28.

Tabel 4.28. Tabel Kromosom Yang Mengalami Proses Mutasi (skenario3)

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 2           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 3           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 4                           | 58            | 2                           | 41            |
| 4           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 1                           | 58            | 2                           | 59            |
| 5           | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            | 3                           | 57            |
| 6           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 7           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 8           | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            | 3                           | 57            |
| 9           | 3                           | 52            | 2                           | 57            | 1                           | 52            | 3                           | 57            |
| 10          | 1                           | 57            | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            |

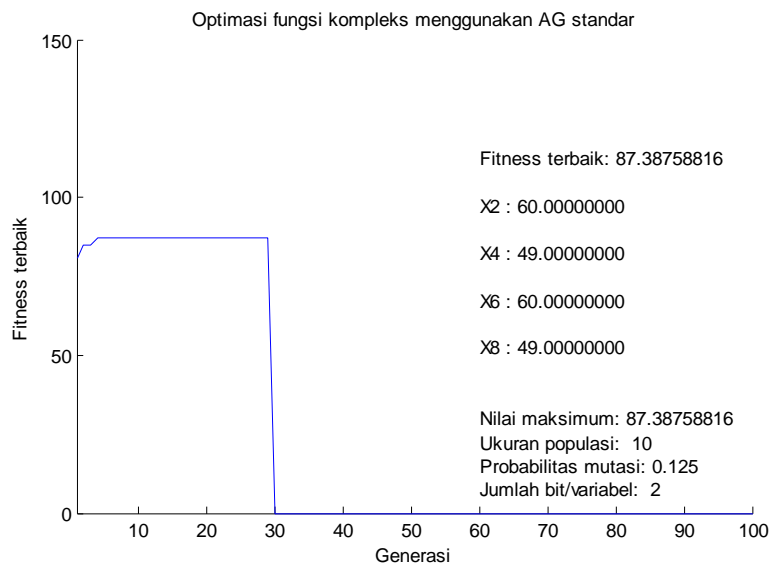


Mutasi terjadi jika bilangan acak yang dibangkitkan kurang dari probabilitas mutasi sebesar 0,125, prosesnya menghitung total gen dalam satu populasi (panjang gen x banyak kromosom) hal ini bertujuan untuk menentukan posisi gen yang akan termutasi, posisi gen yang termutasi adalah posisi gen ke- 74 dan gen ke-78 yang bernilai 57 detik dengan warna latar kuning, setelah itu diganti dengan nilai batas bawah waktu hijau 20 detik pada gen yang mengalami proses mutasi yang diberi warna latar kuning pada tabel 4.29.

Tabel 4.29. Tabel Kromosom hasil mutasi

| Kromosom Ke | Rentang Start Mobil Jalan 1 | Waktu Hijau 1 | Rentang Start Mobil Jalan 2 | Waktu Hijau 2 | Rentang Start Mobil Jalan 3 | Waktu Hijau 3 | Rentang Start Mobil Jalan 4 | Waktu Hijau 4 |
|-------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| 1           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 2           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 4                           | 58            | 2                           | 59            |
| 3           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 4                           | 58            | 2                           | 41            |
| 4           | 1                           | 58            | 2                           | 59            | 1                           | 58            | 2                           | 59            |
| 5           | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            | 3                           | 57            |
| 6           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 7           | 1                           | 58            | 1                           | 41            | 1                           | 58            | 2                           | 41            |
| 8           | 1                           | 57            | 2                           | 57            | 2                           | 57            | 3                           | 57            |
| 9           | 3                           | 52            | 2                           | 57            | 1                           | 52            | 3                           | 57            |
| 10          | 1                           | 20            | 1                           | 57            | 2                           | 20            | 2                           | 57            |

Proses algoritma genetika dalam mencari kombinasi lama nyala lampu pengatur lalu lintas yang optimal akan dilakukan terus menerus sehingga akan dihasilkan lama nyala lampu yang optimal yang terlihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3. Grafik Jumlahmobil(*fitness function*) yang melewati persimpangan (skenario 3).

Algoritma Genetika mencapai konvergen pada generasi ke-29 sebelum maksimum generasi tercapai untuk mendapatkan *fitness function* (nyala lampu hijau yang optimal) pada gambar 4.2, hal ini dikarenakan nilai *fitness function* pada generasi ke-29 memiliki nilai *fitness function* yang sama dengan 25 generasi sebelumnya sehingga proses optimasi nyala lampu berhenti. Dalam hal ini nilai nyala lampu hijau yang dihasilkan untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 60 detik, ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 49 detik dengan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan (*fitness function*) sebanyak 87 mobil. Tabel 4.30 merupakan *fitness function* yang dihasilkan sesuai skenario 3.

Tabel 4.30. hasil *fitness function* skenario 3

| no | <i>fitness</i> | no | <i>Fitness</i> |
|----|----------------|----|----------------|
| 1  | 80.8281        | 16 | 87,3876        |
| 2  | 84,7896        | 17 | 87,3876        |
| 3  | 84,7896        | 18 | 87,3876        |
| 4  | 87,3876        | 19 | 87,3876        |
| 5  | 87,3876        | 20 | 87,3876        |
| 6  | 87,3876        | 21 | 87,3876        |
| 7  | 87,3876        | 22 | 87,3876        |
| 8  | 87,3876        | 23 | 87,3876        |
| 9  | 87,3876        | 24 | 87,3876        |
| 10 | 87,3876        | 25 | 87,3876        |
| 11 | 87,3876        | 26 | 87,3876        |
| 12 | 87,3876        | 27 | 87,3876        |
| 13 | 87,3876        | 28 | 87,3876        |
| 14 | 87,3876        | 29 | 87,3876        |
| 15 | 87,3876        |    |                |

### 4.3 Analisis Uji Coba

Analisis Uji Coba yaitu melakukan analisis hasil uji coba yang telah dilakukan berdasarkan skenario yang diberikan. Uji coba skenario 1 menghasilkan nyala lampu yang optimal untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 49 detik waktu hijau dan 55 detik nyala merah serta ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 55 detik waktu hijau dan 49 detik waktu merah dengan rata - rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 81 mobil, skenario 2 menghasilkan nyala lampu yang optimal untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 56 detik waktu hijau dan 54 detik waktu merah serta ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 54 detik waktu hijau dan 56 detik nyala dengan rata - rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 95 mobil serta skenario 3 menghasilkan nyala lampu optimal untuk ruas jalan 1 dan ruas jalan 3 selama 60 detik waktu hijau dan 49 detik waktu merah serta ruas jalan 2 dan ruas jalan 4 selama 49 detik waktu hijau dan 60 detik waktu merah dengan rata – rata total jumlah mobil yang melewati persimpangan sebanyak 87 mobil.

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil dari algoritma genetika telah mewakili sistem nyata dan merupakan hasil optimasi yang paling optimal. Verifikasi hasil algoritma genetika dilakukan dengan bantuan simulasi *spreadsheet* model pergerakan mobil yaitu dengan cara membangkitkan sepuluh bilangan acak waktu hijau dan waktu merah sesuai dengan batas yang ditentukan pada masing – masing skenario pada tiap ruas jalan lalu membandingkan hasilnya dengan hasil optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas yang dihasilkan oleh algoritma genetika. Tabel 4.31, tabel 4.32, dan tabel 4.33, merupakan hasil perbandingan nyala lampu optimal yang dihasilkan simulasi *spreadsheet* prediksi jumlah mobil yang melewati persimpangan pada setiap skenario dengan hasil optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas yang dihasilkan oleh algoritma genetika.

Tabel 4.31. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadsheet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 1

| no | nyala | ruas<br>jalan<br>1 | ruas<br>jalan<br>2 | ruas<br>jalan 3 | ruas<br>jalan<br>4 | Rata- rata total jumlah<br>mobil yang melewati<br>persimpangan hasil simulasi<br>model pergerakan mobil | Rata- rata total<br>jumlah mobil yang<br>melewati<br>persimpangan hasil<br>algoritma genetika |
|----|-------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|---|---|
| 1  | Hijau | 49                 | 41                 | 49              | 41                 | 66  | 81  |
|    | merah | 41                 | 49                 | 41              | 49                 |   |   |
| 2  | Hijau | 36                 | 45                 | 36              | 45                 | 57  |   |
|    | merah | 45                 | 36                 | 45              | 36                 |   |   |
| 3  | hijau | 42                 | 52                 | 42              | 52                 | 67  |   |
|    | merah | 52                 | 42                 | 52              | 42                 |   |   |
| 4  | Hijau | 54                 | 51                 | 54              | 51                 | 76  |   |
|    | merah | 51                 | 54                 | 51              | 54                 |   |   |
| 5  | Hijau | 30                 | 37                 | 30              | 37                 | 48  |   |
|    | merah | 37                 | 30                 | 37              | 30                 |   |   |
| 6  | Hijau | 45                 | 54                 | 45              | 54                 | 71  |   |
|    | merah | 54                 | 45                 | 54              | 45                 |   |   |
| 7  | Hijau | 43                 | 53                 | 43              | 53                 | 71  |   |
|    | merah | 53                 | 43                 | 53              | 43                 |   |   |
| 8  | Hijau | 51                 | 57                 | 51              | 57                 | 79  |   |
|    | merah | 57                 | 51                 | 57              | 51                 |   |   |
| 9  | Hijau | 59                 | 29                 | 59              | 29                 | 64  |   |
|    | merah | 29                 | 59                 | 29              | 59                 |   |   |
| 10 | Hijau | 54                 | 37                 | 54              | 37                 | 52  |   |
|    | merah | 37                 | 54                 | 37              | 54                 |   |   |

Tabel 4.32. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadsheet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 2

| No | nyala | ruas<br>jalan<br>1 | ruas<br>jalan<br>2 | ruas<br>jalan<br>3 | ruas<br>jalan<br>4 | Rata rata total jumlah mobil<br>yang melewati persimpangan<br>hasil model pergerakan mobil | Rata rata total jumlah mobil yang<br>melewati persimpangan hasil<br>algoritma genetika |
|----|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| 1  | Hijau | 46                 | 41                 | 46                 | 41                 | 60   | 95   |
|    | merah | 41                 | 46                 | 41                 | 46                 |  |  |
| 2  | Hijau | 53                 | 31                 | 53                 | 31                 | 57   |  |
|    | merah | 31                 | 53                 | 31                 | 53                 |  |  |
| 3  | hijau | 40                 | 30                 | 40                 | 30                 | 46   |  |
|    | merah | 30                 | 40                 | 30                 | 40                 |  |  |
| 4  | Hijau | 59                 | 31                 | 59                 | 31                 | 61   |  |
|    | merah | 31                 | 59                 | 31                 | 59                 |  |  |
| 5  | Hijau | 42                 | 43                 | 42                 | 43                 | 60   |  |
|    | merah | 43                 | 42                 | 43                 | 42                 |  |  |
| 6  | Hijau | 45                 | 47                 | 45                 | 47                 | 62   |  |
|    | merah | 47                 | 45                 | 47                 | 45                 |  |  |
| 7  | Hijau | 50                 | 39                 | 50                 | 39                 | 70   |  |
|    | merah | 39                 | 50                 | 39                 | 50                 |  |  |
| 8  | Hijau | 41                 | 38                 | 41                 | 38                 | 53   |  |
|    | merah | 38                 | 41                 | 38                 | 41                 |  |  |
| 9  | Hijau | 41                 | 33                 | 41                 | 33                 | 50   |  |
|    | merah | 33                 | 41                 | 33                 | 41                 |  |  |
| 10 | Hijau | 54                 | 37                 | 54                 | 37                 | 62   |  |
|    | merah | 37                 | 54                 | 37                 | 54                 |  |  |

Tabel 4.33. Perbandingan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil simulasi spreadsheet model pergerakan mobil dengan hasil algoritma genetika sesuai skenario 3

| No | Nyala | ruas<br>jalan 1 | ruas<br>jalan 2 | ruas<br>jalan 3 | ruas<br>jalan 4 | Rata – rata total jumlah<br>mobil yang melewati<br>persimpangan hasil<br>simulasi model<br>pergerakan mobil | Rata – rata total jumlah<br>mobil yang melewati<br>persimpangan hasil<br>algoritma genetika |
|----|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|---|
| 1  | Hijau | 55              | 42              | 55              | 42              | 69  | 87  |
|    | Merah | 42              | 55              | 42              | 55              |   |   |
| 2  | Hijau | 41              | 24              | 41              | 24              | 44  |   |
|    | Merah | 24              | 41              | 24              | 41              |   |   |
| 3  | Hijau | 49              | 25              | 49              | 25              | 50  |   |
|    | Merah | 25              | 49              | 25              | 49              |   |   |
| 4  | Hijau | 52              | 50              | 52              | 50              | 71  |   |
|    | Merah | 50              | 52              | 50              | 52              |   |   |
| 5  | Hijau | 46              | 20              | 46              | 20              | 45  |   |
|    | Merah | 20              | 46              | 20              | 46              |   |   |
| 6  | Hijau | 44              | 31              | 44              | 31              | 50  |   |
|    | Merah | 31              | 44              | 31              | 44              |   |   |
| 7  | Hijau | 50              | 39              | 50              | 39              | 61  |   |
|    | Merah | 39              | 50              | 39              | 50              |   |   |
| 8  | Hijau | 52              | 54              | 52              | 54              | 73  |   |
|    | Merah | 54              | 52              | 54              | 52              |   |   |
| 9  | Hijau | 45              | 26              | 45              | 26              | 47  |   |
|    | Merah | 26              | 45              | 26              | 45              |   |   |
| 10 | Hijau | 60              | 47              | 60              | 47              | 75  |   |
|    | Merah | 47              | 60              | 47              | 60              |   |   |

Berdasarkan hasil dari perbandingan ketiga tabel yaitu pada tabel 4.31, tabel 4.32, tabel 4.33, antara hasil simulasi *spreadsheet* model pergerakan mobil dengan hasil optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas menggunakan algoritma genetika. Nyala lampu yang paling optimal dihasilkan melalui proses optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan menggunakan algoritma genetika dan hal ini dapat dilihat dari rata – rata jumlah mobil yang dapat melewati persimpangan lebih optimum daripada yang dihasilkan simulasi model pergerakan mobil.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Model pergerakan mobil dibuat dengan beberapa variabel yaitu panjang mobil, gap/ jarak antar mobil, percepatan mobil, posisi awal mobil, rentang start mobil jalan dan lama nyala waktu hijau.
2. Verifikasi model pergerakan mobil dilakukan dengan menggunakan *sensitivity indeks*.
3. *Fitness function* dibentuk melalui serangkaian uji coba dengan atribut atribut terkait untuk membentuk suatu korelasi sehingga dapat membentuk suatu *fitness function*, dalam penelitian ini *fitness function* dibentuk oleh dua variabel independent yaitu rentang start mobil jalan dan lama nyala waktu hijau.
4. Proses verifikasi hasil nyala lampu yang optimal yang dihasilkan oleh algoritma genetika dilakukan dengan menggunakan simulasi *spreadsheet* prediksi jumlah mobil yang melewati persimpangan dengan cara membangkitkan sepuluh bilangan acak waktu hijau sesuai batas yang ditentukan lalu membandingkan hasil waktu yang optimal berdasarkan rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan.

#### **5.2 Saran**

Saran Tesis yang berjudul “optimasi nyala lampu pengatur lalu lintas dengan menggunakan algoritma genetika” ini meneliti tentang persimpangan dengan arus lalu lintas yang hanya berjalan lurus saja, diharapkan kepada peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan arus lalu lintas yang dapat berbelok ke kiri maupun ke kanan dengan kendaraan tidak hanya dibatasi dengan mobil saja tetapi kendaraan roda dua dan yang lainnya.

[ halaman ini sengaja dikosongkan]



## Daftar Pustaka

- Y. H. P. Su, "Modelling and analysis of traffic light control systems," no. October 2007, 2009.
- L. M. S. S. K. A. A. Kumar, "Parameter optimisation using genetic algorithm for support vector machine-based price-forecasting model in National electricity market," no. November 2008, 2009.
- K. T. K. Teo, W. Y. Kow, and Y. K. Chin, *Optimization of Traffic Flow within an Urban Traffic Light Intersection with Genetic Algorithm*. Ieee, 2010, pp. 172–177.
- D. Srinivasan, S. Member, M. C. Choy, and R. L. Cheu, "Neural Networks for Real-Time Traffic Signal Control," vol. 7, no. 3, pp. 261–272, 2006.
- C. Han and Q. Zhang, "Real-Time Detection of Vehicles for Advanced Traffic Signal Control," 2008 *Int. Conf. Comput. Electr. Eng.*, pp. 245–249, Dec. 2008.
- Y. K. Chin, K. C. Yong, N. Bolong, S. S. Yang, and K. T. K. Teo, "Multiple Intersections Traffic Signal Timing Optimization with Genetic Algorithm," pp. 454–459, 2011.
- S. Vector, "Load Forecasting Using Support Vector Machines Optimized by Genetic Algorithm," no. 1, pp. 395–399, 2006.
- H. K. Lo, "A Reliability Framework for Traffic Signal Control," vol. 7, no. 2, pp. 250–260, 2006.
- C. Sc and N. Delhi, "Time Optimization for Traffic Signal Control Using Genetic Algorithm," vol. 2, no. 2, pp. 4–6, 2009.
- Oglesby, Clarkson H. 1993. *Teknik Jalan Raya*. Jakarta. Penerbit Erlangga..
- HUANG Y.S.: 'Design of traffic light control system using statecharts' *Comp. J.*, 2006, 49, pp. 634–649
- Leong Lee Vien, Wan Hashim Wan Ibrahim, and Ahmad Farhan Mohd. Sadullah. "Passenger Car Equivalents and Saturation Flow Rates for Through Vehicles at Signalized Intersection in Malaysia." 22nd ARRB Conference, 2006.
- K.T.K. Teo, W.Y. Kow, Y.K. Chin, "Optimization of Traffic Flow within an Urban Traffic Light Intersection with Genetic Algorithm," 2010 Second International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation, pp.172-177, 2010

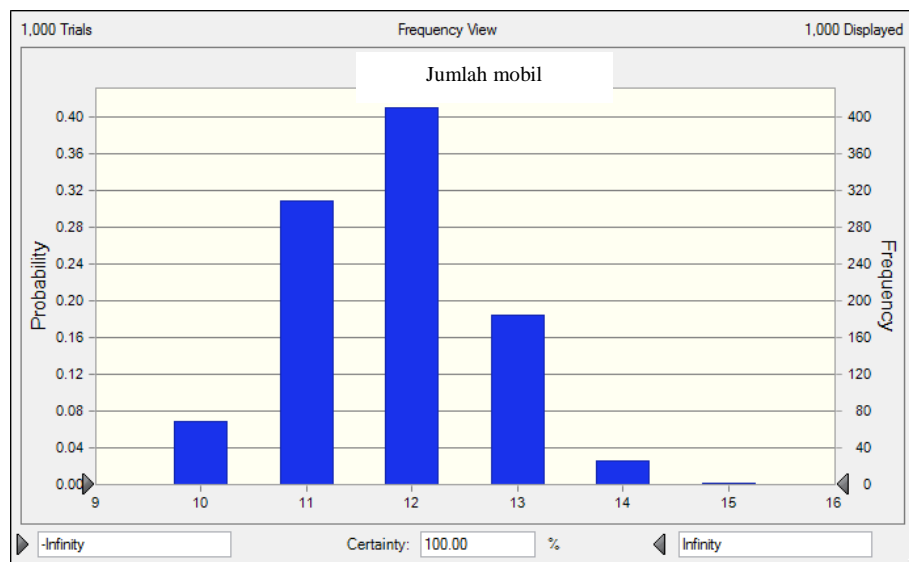
- D.I. Jalan, D. Transeiver.A. Saikhu, J. L. Buliali, B. Amalia, and S. Tena, "Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung 19-20 November 2013," no. November, pp. 106–116, 2013.
- <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413> diakses tanggal 28 sep 2015
- Yetty.Budhiahastuty(2008). Penentuan Waktu Optimum Nyala Lampu Pengatur Lalu Lintas dengan Metode Simulasi. Tugas Akhir. Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Morlok, E.K. 1991. Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga. Jakarta.
- Khisty, Jotin dan B. Kent Lall. 2003. Dasar – dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1 Erlangga. Jakarta.
- F. Teklu, A. Sumalee, and D. Watling, A Genetic Algorithm Approach for Optimizing Traffic Control Signals Considering Routing, 2007.
- Fitsum Teklu, Agachai Sumalee, David Watling. A Genetic Algorithm Approach for Optimizing Traffic Control Signals Considering Routing. Institute for Transport Studies, University of Leeds.2006
- J. Y. Ruwanpura, "Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference R. G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, eds.," 2004.
- Y. Caixia, L. U. Xinhua, and L. I. U. Kecheng, "Research of Intelligent Control Model and System on Traffic Light Time," no. 1, pp. 5578–55

## LAMPIRAN

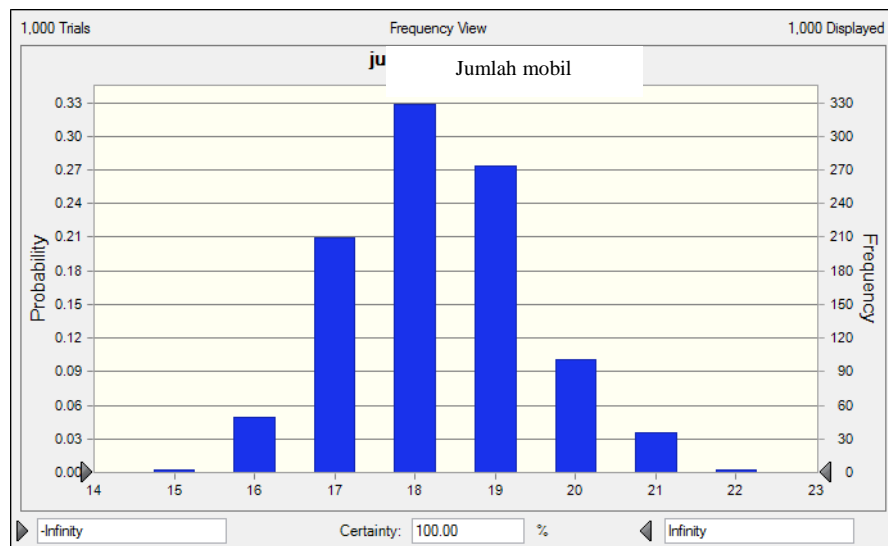
### LAMPIRAN 1

Lampiran 1 menunjukkan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil dari simulasi pergerakan mobil dengan berbagai macam start mobil jalan setelah 1000 replikasi .

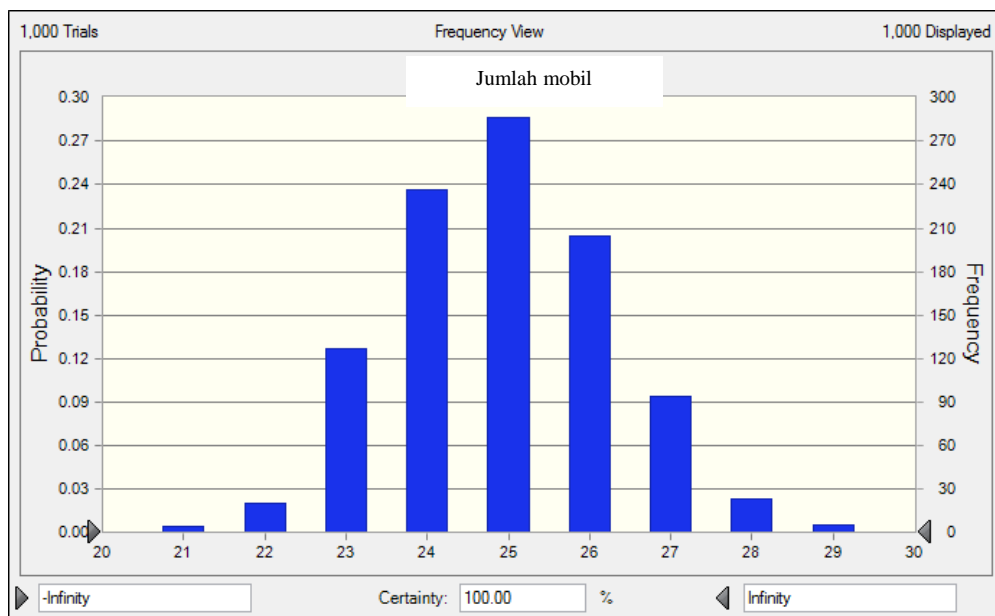
Gambar A.1. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik



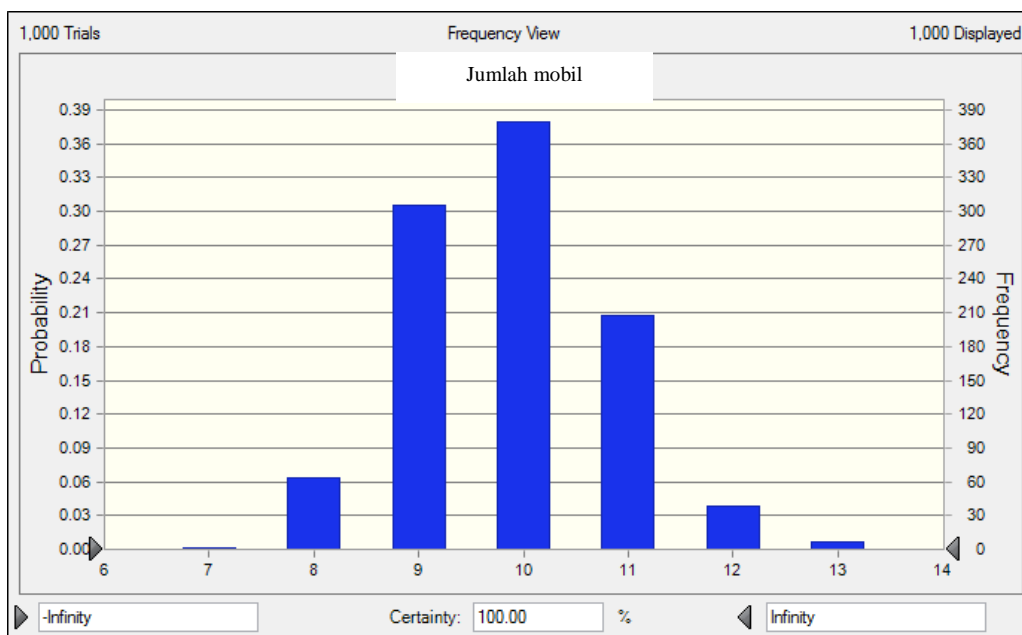
Gambar A.2. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik



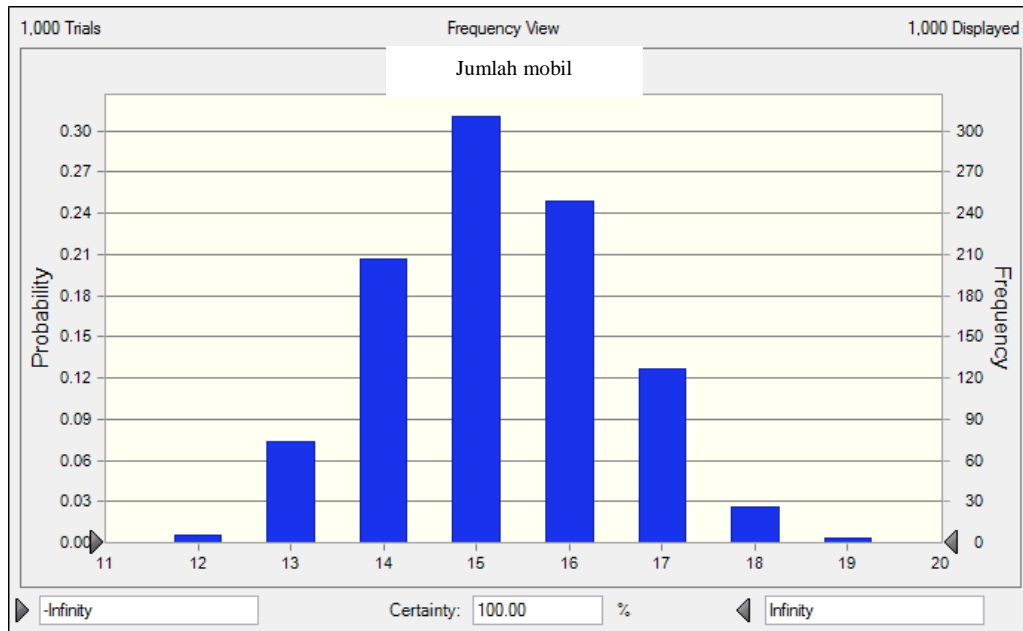
Gambar A.3. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik



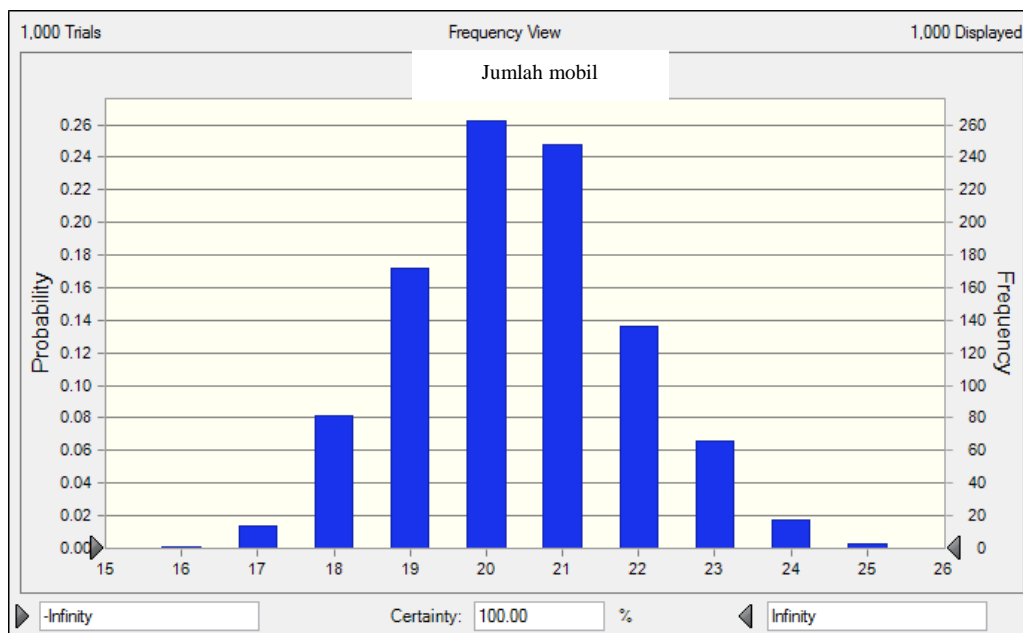
Gambar A.4. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik



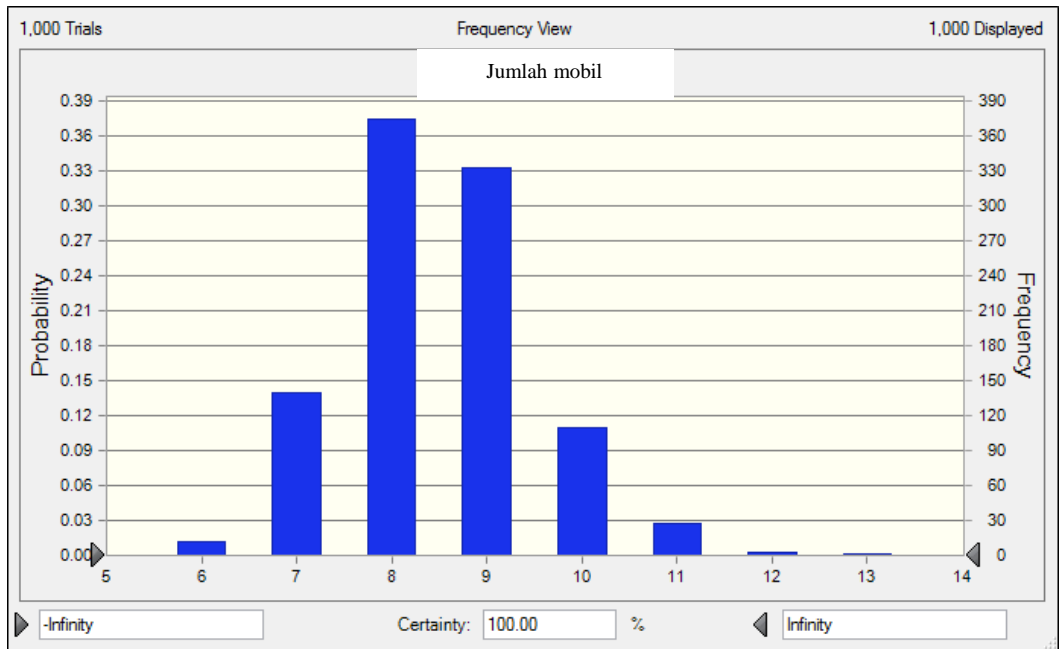
Gambar A.5. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik



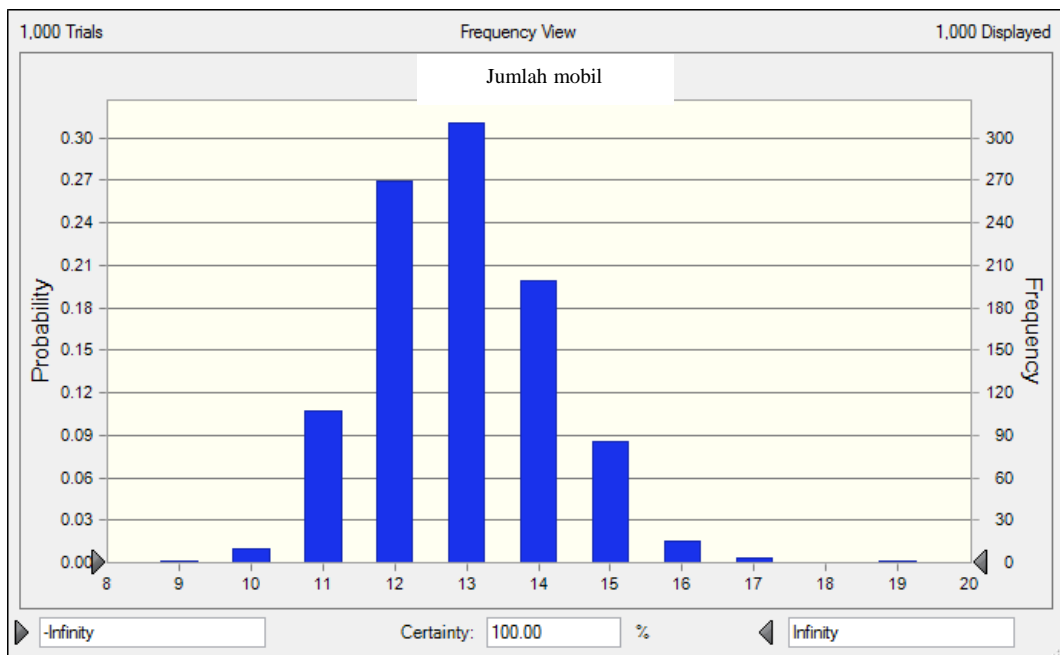
Gambar A.6. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik



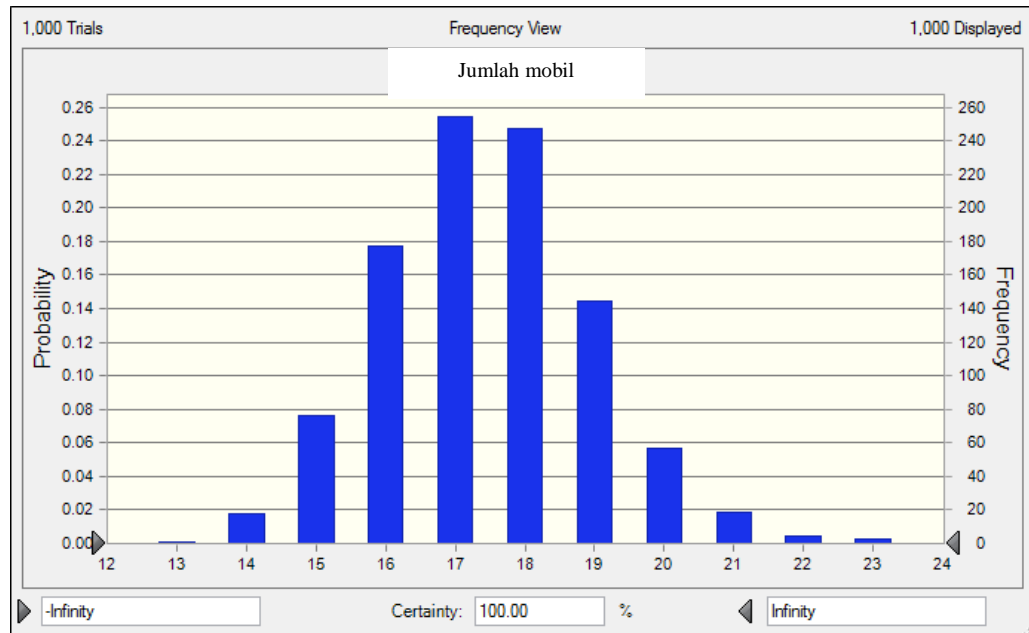
Gambar A.7. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



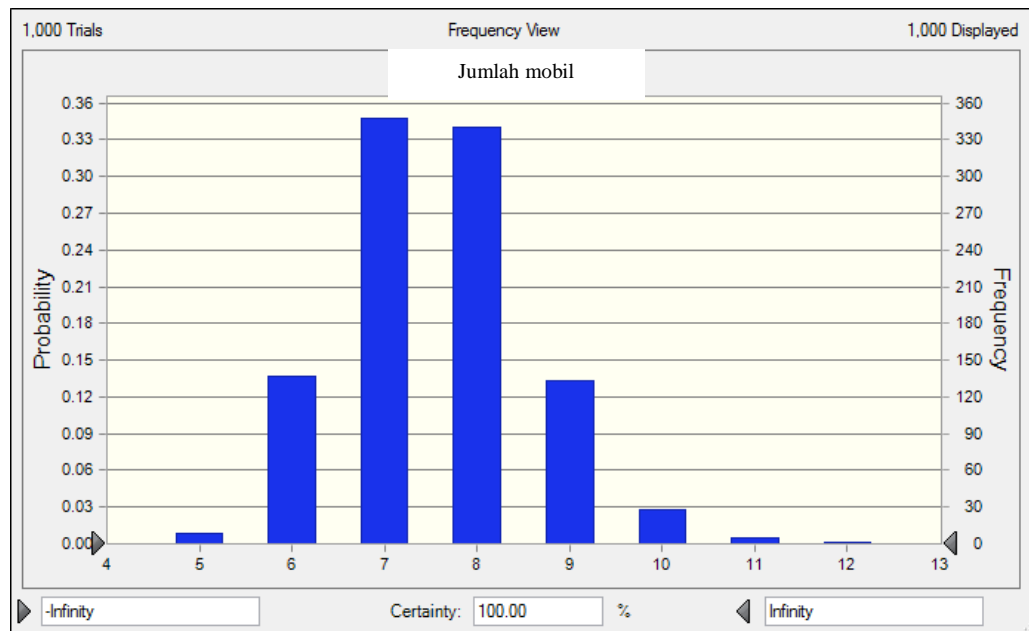
Gambar A.8. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



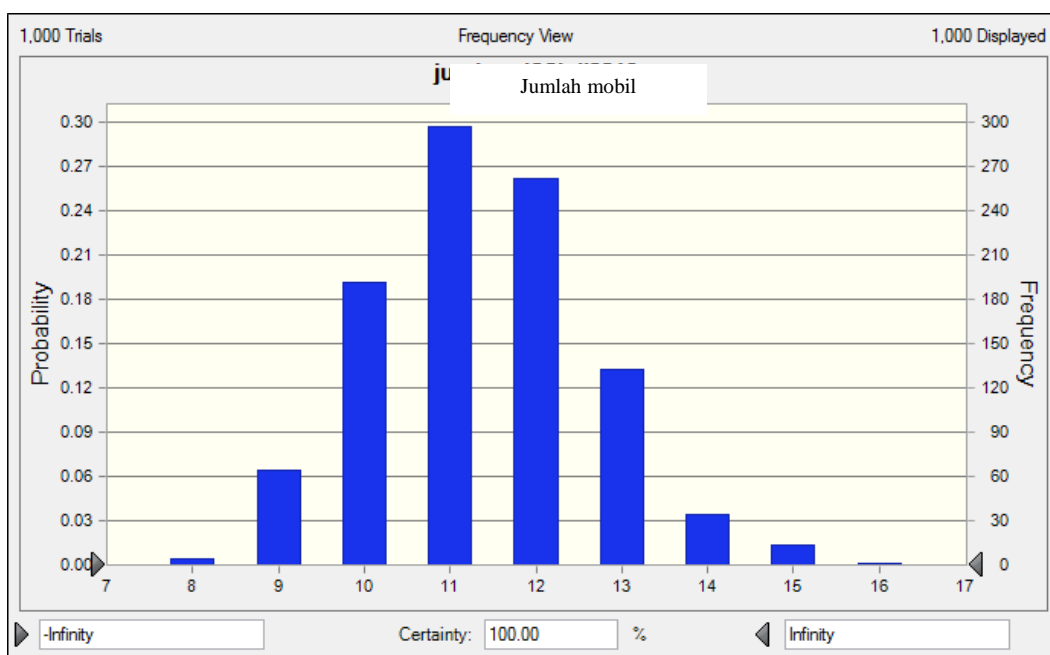
Gambar A.9. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



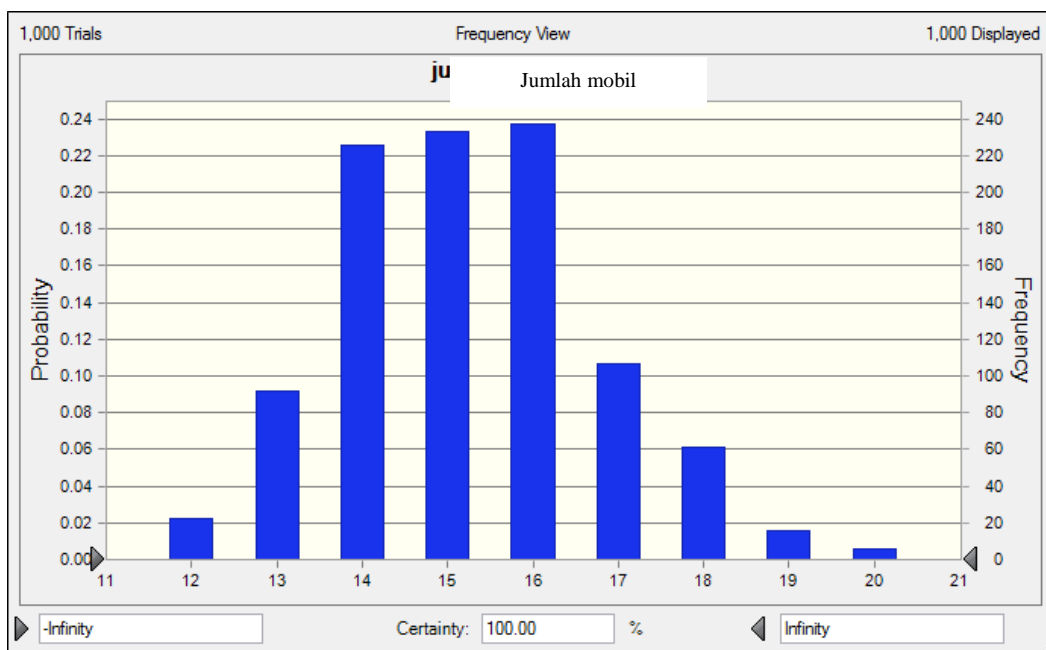
Gambar A.10. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik



Gambar A.11. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik

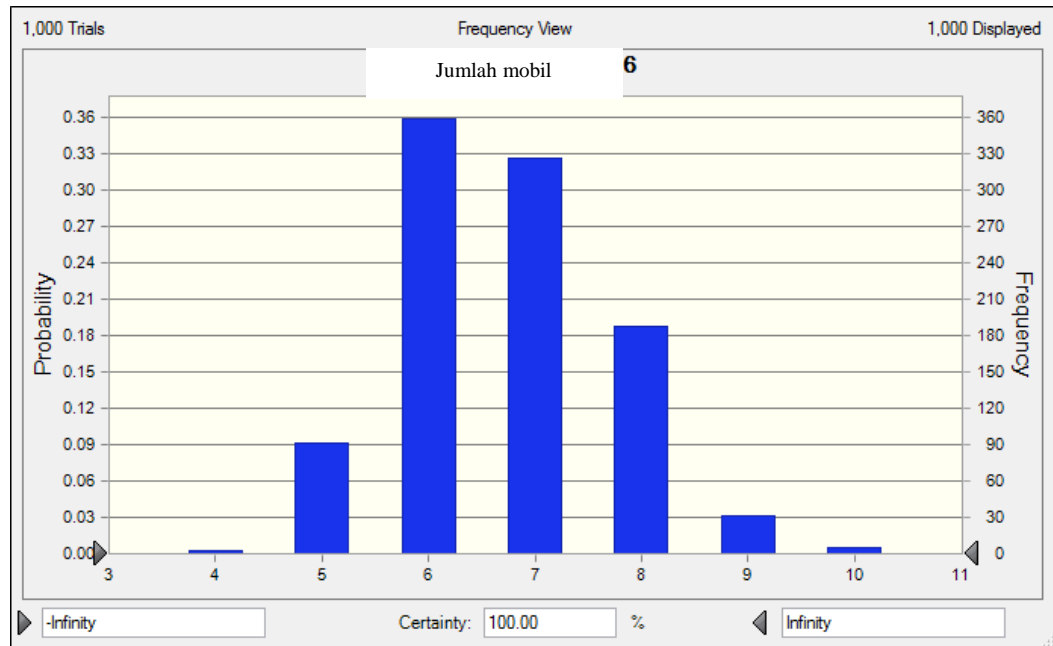


Gambar A.12. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik

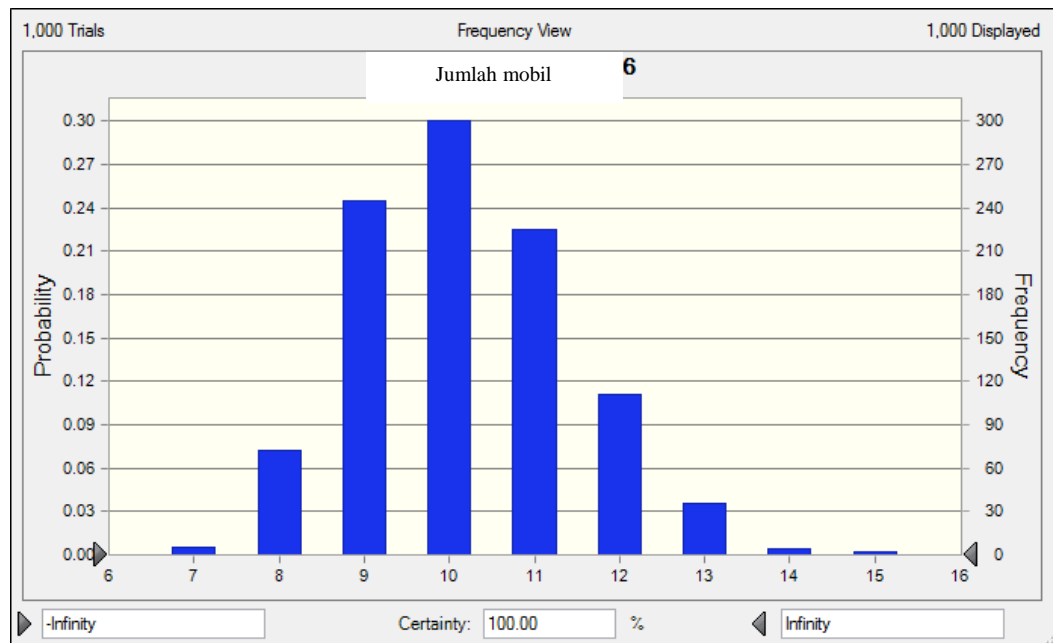




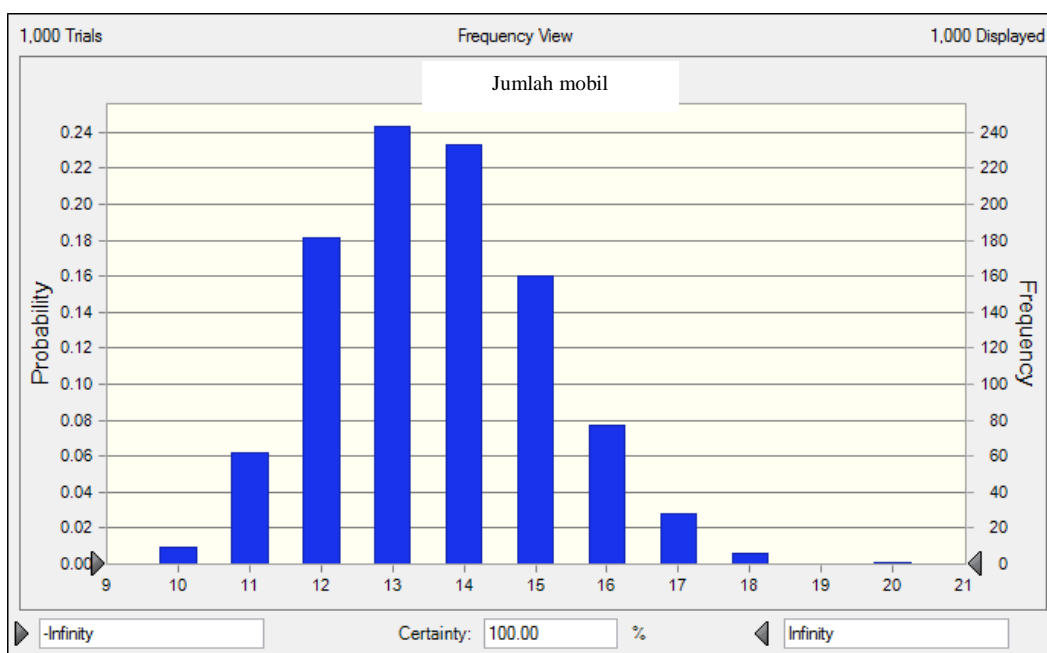
Gambar A.13. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



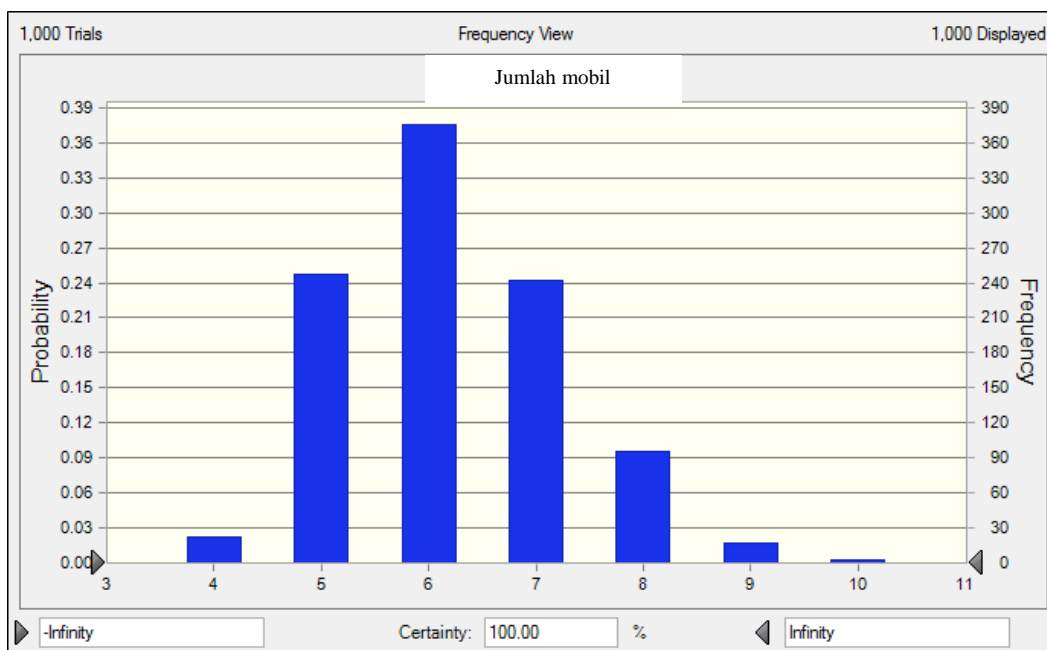
Gambar a.14. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



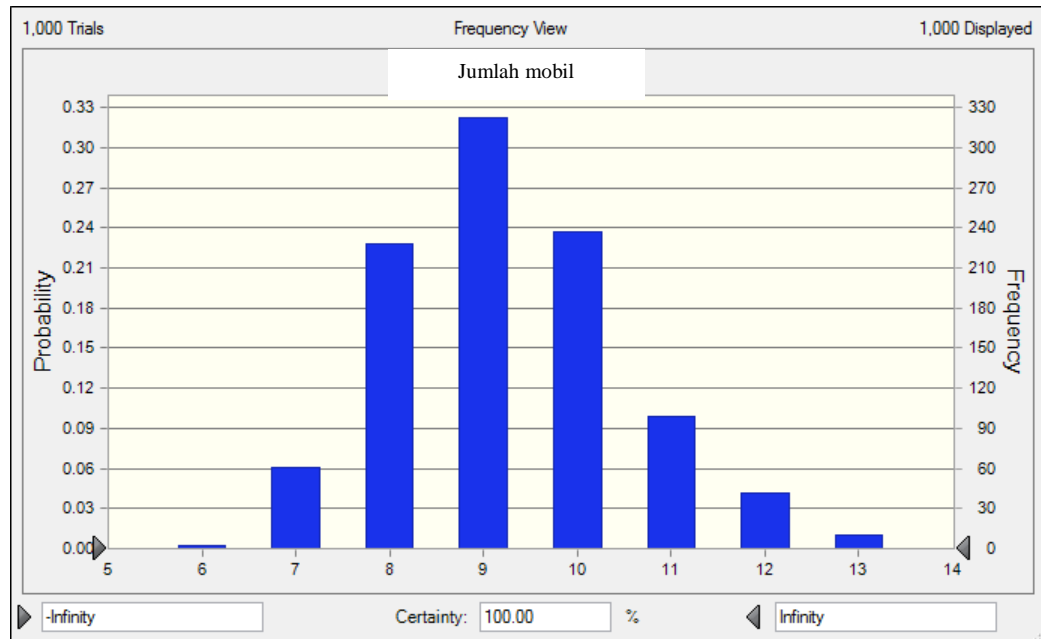
Gambar A.15. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



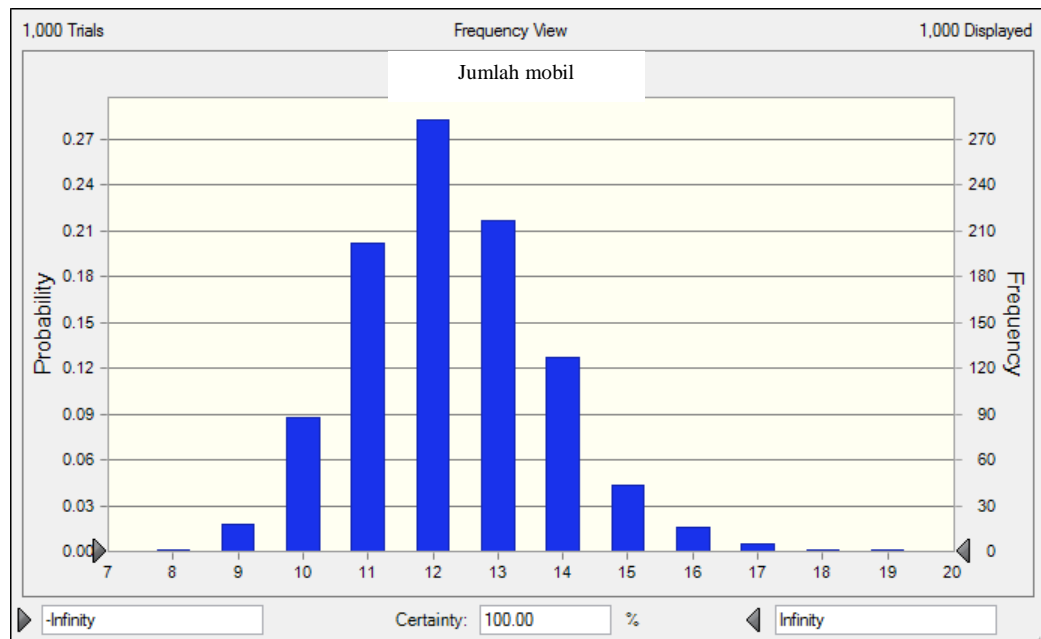
Gambar A.16. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



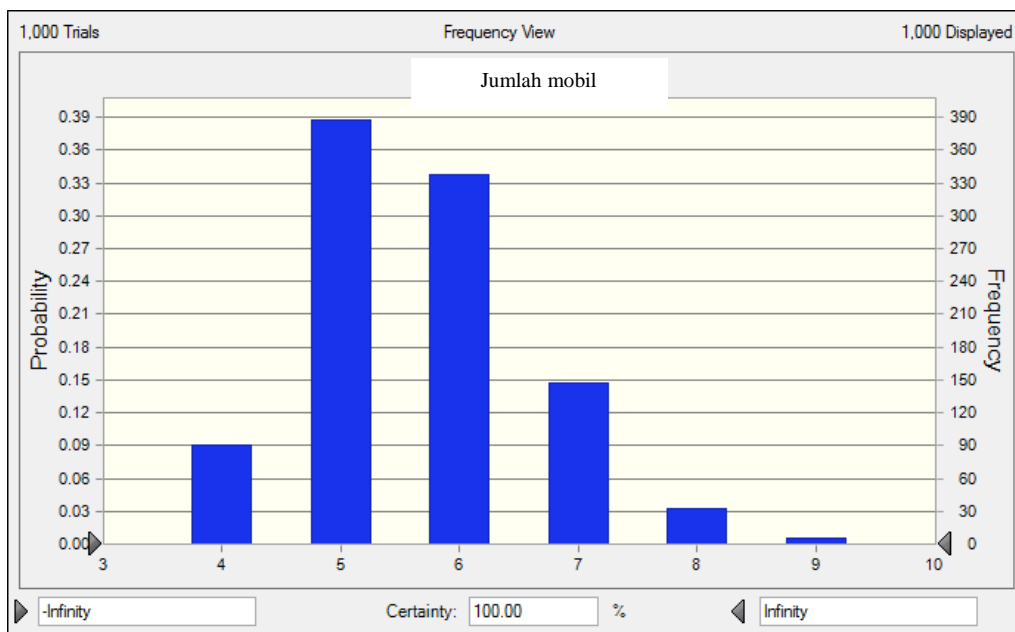
Gambar A.17. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



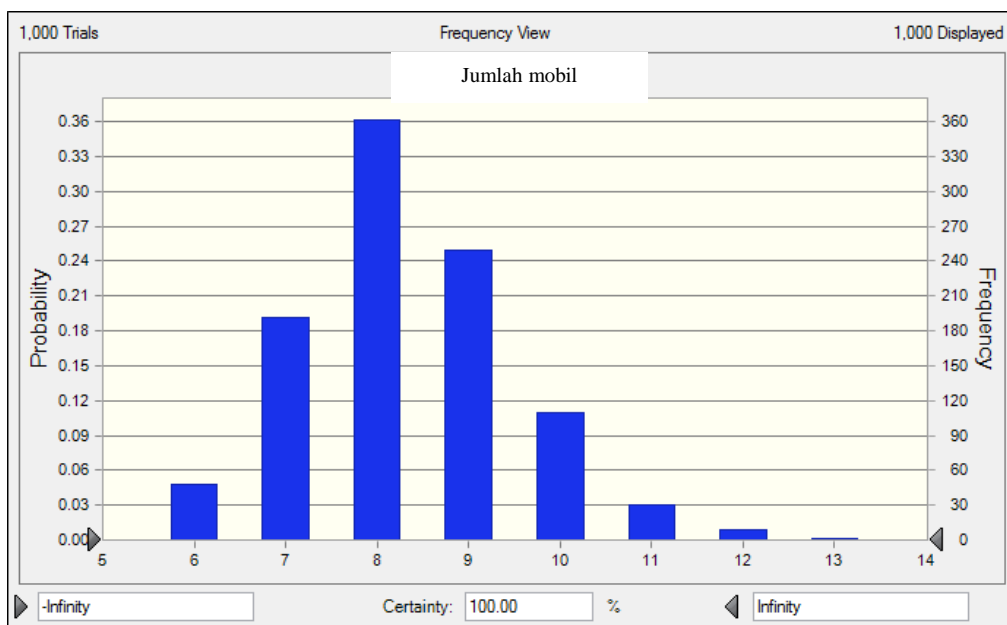
Gambar A.18. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



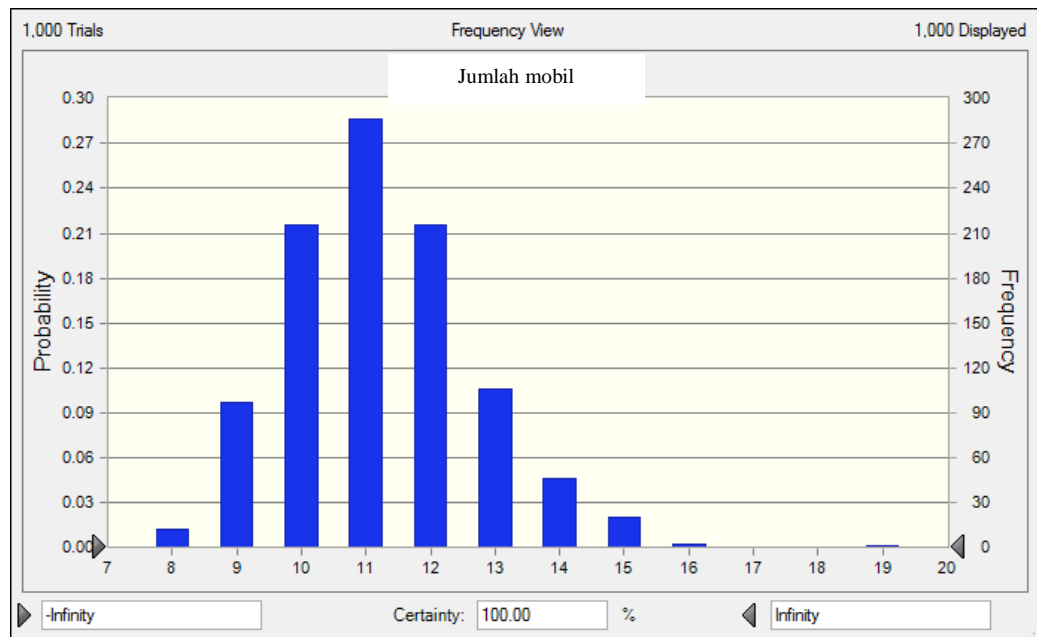
Gambar A.19. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 30 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik



Gambar A.20. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 45 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik



Gambar A.21. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 60 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik

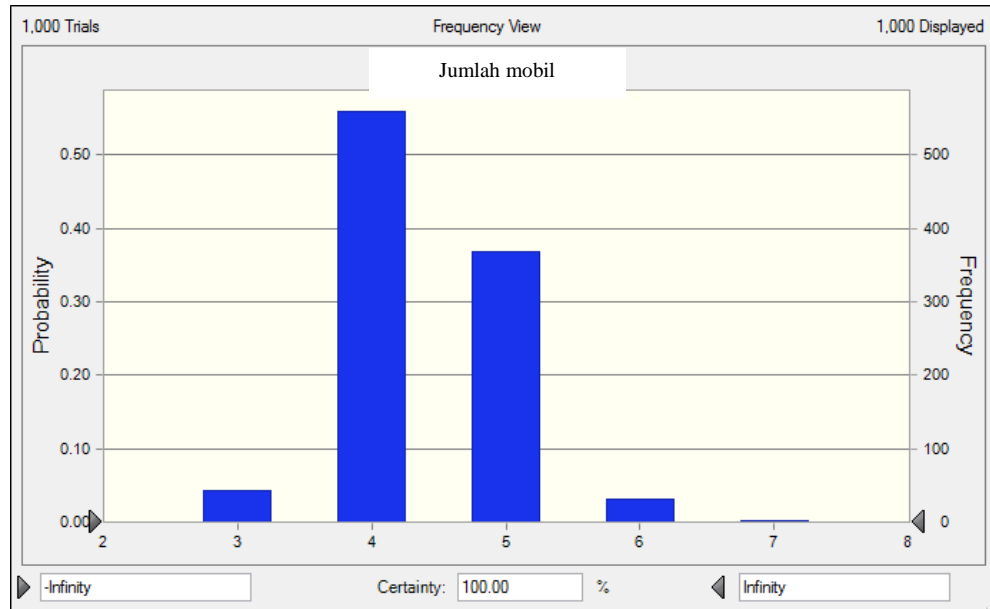


[ halaman ini sengaja dikosongkan ]

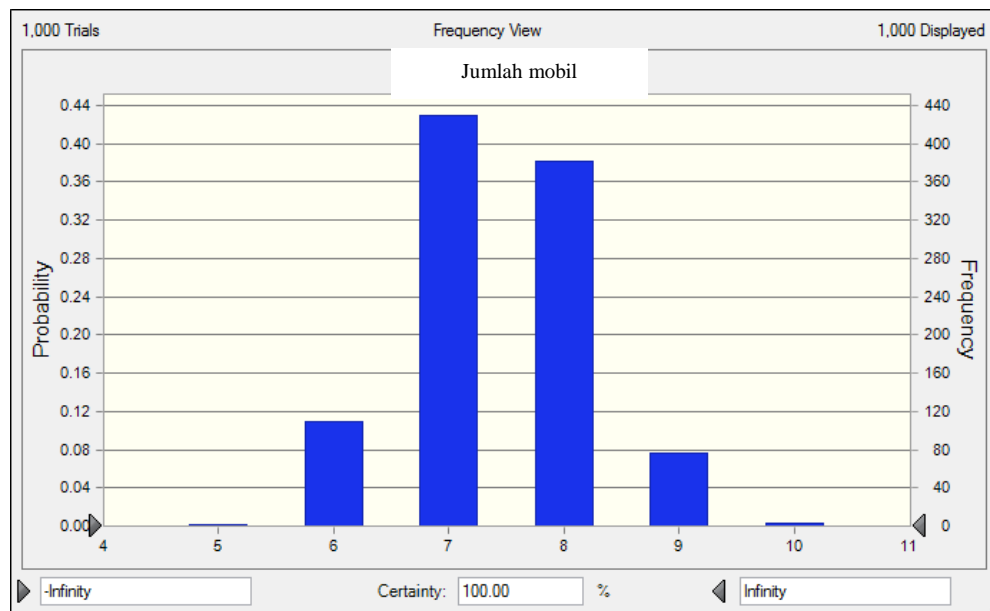
## LAMPIRAN 2

Lampiran 2 menunjukkan jumlah mobil yang melewati persimpangan hasil dari simulasi pergerakan mobil dengan berbagai macam start mobil jalan dan waktu hijau setelah terjadi penurunan waktu hijau dan setelah 1000 replikasi .

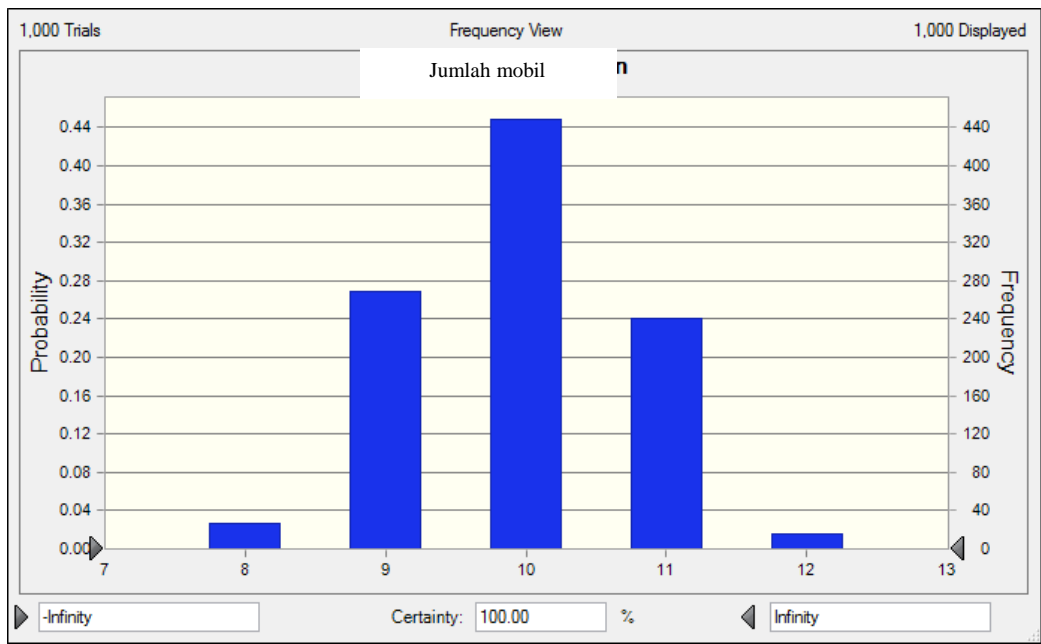
Gambar B.1. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik



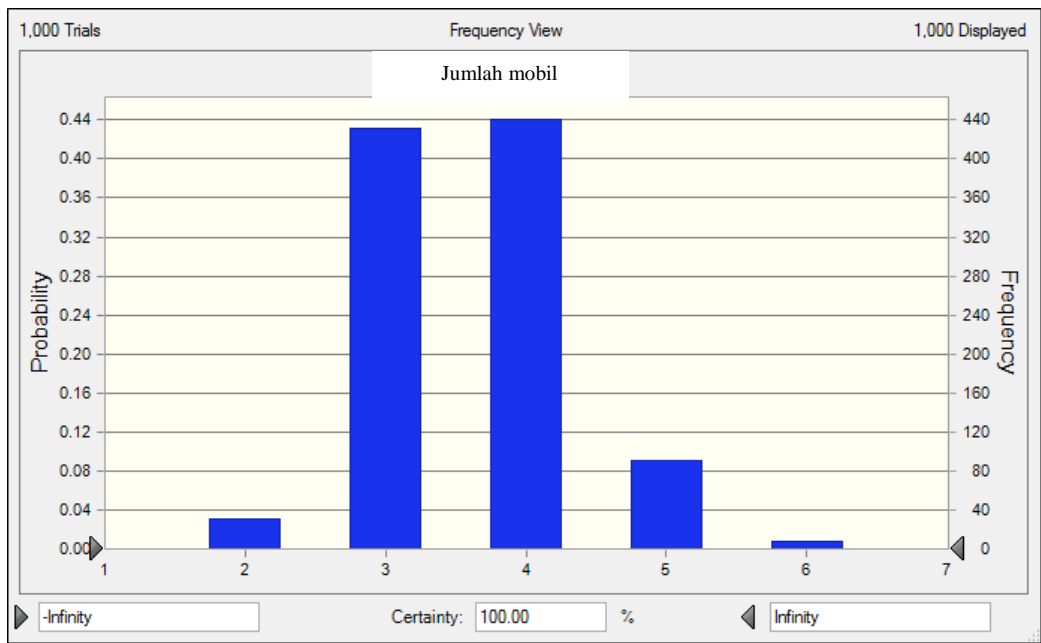
Gambar B.2. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik



Gambar B.3. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-3) detik

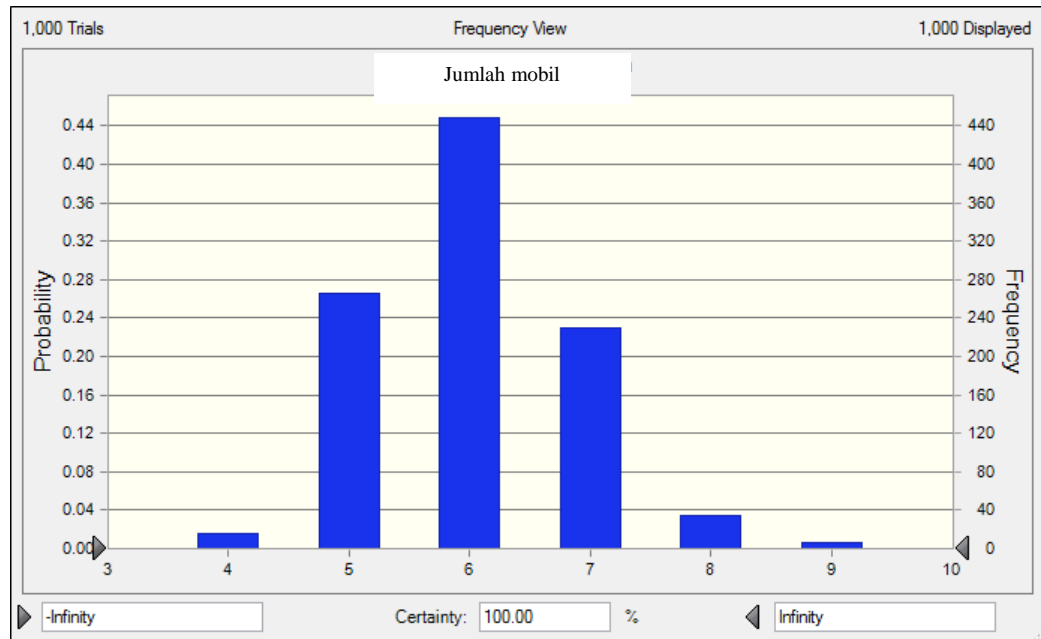


Gambar B.4. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik

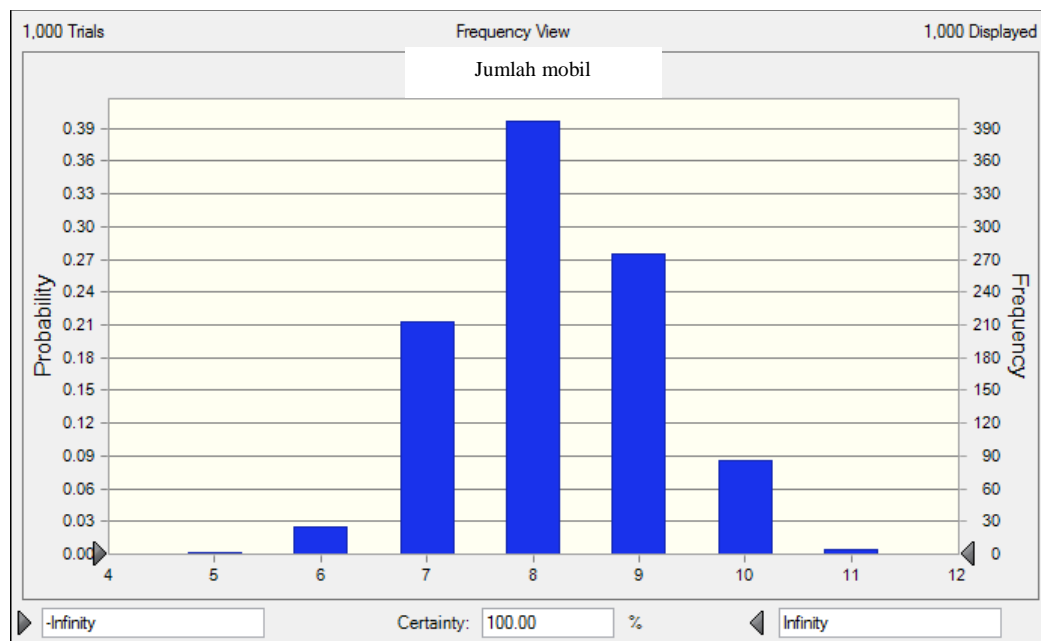




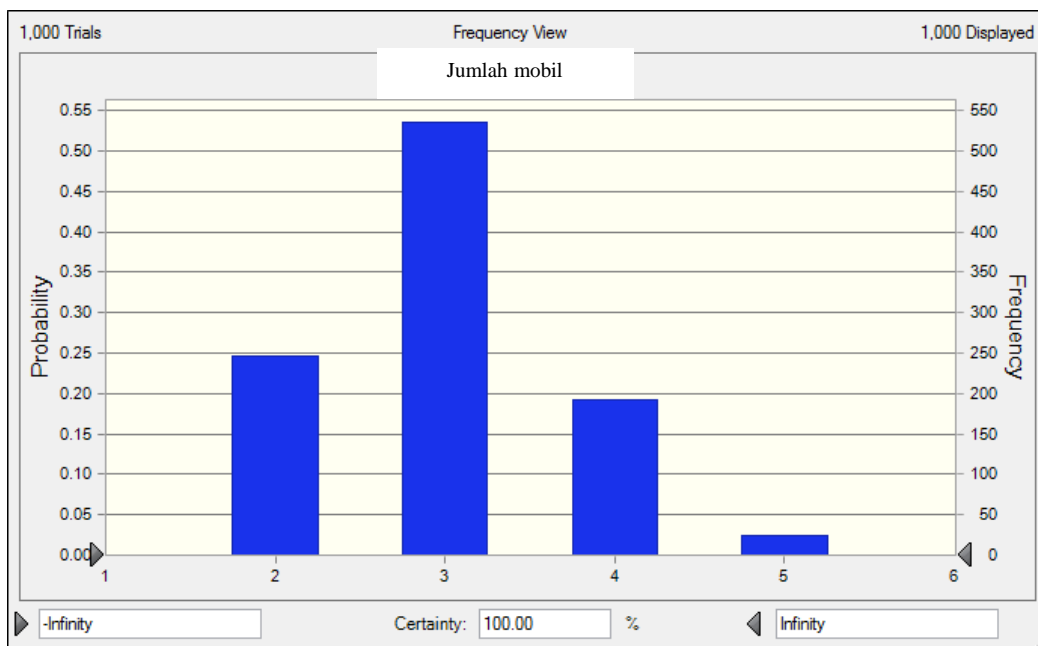
Gambar B.5. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik



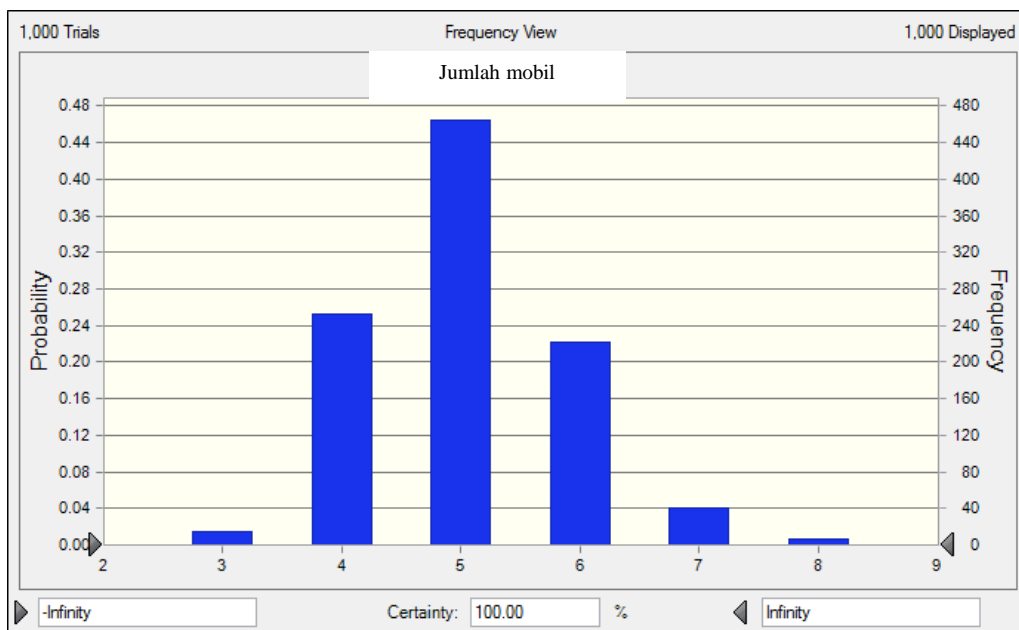
Gambar B.6. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-4) detik



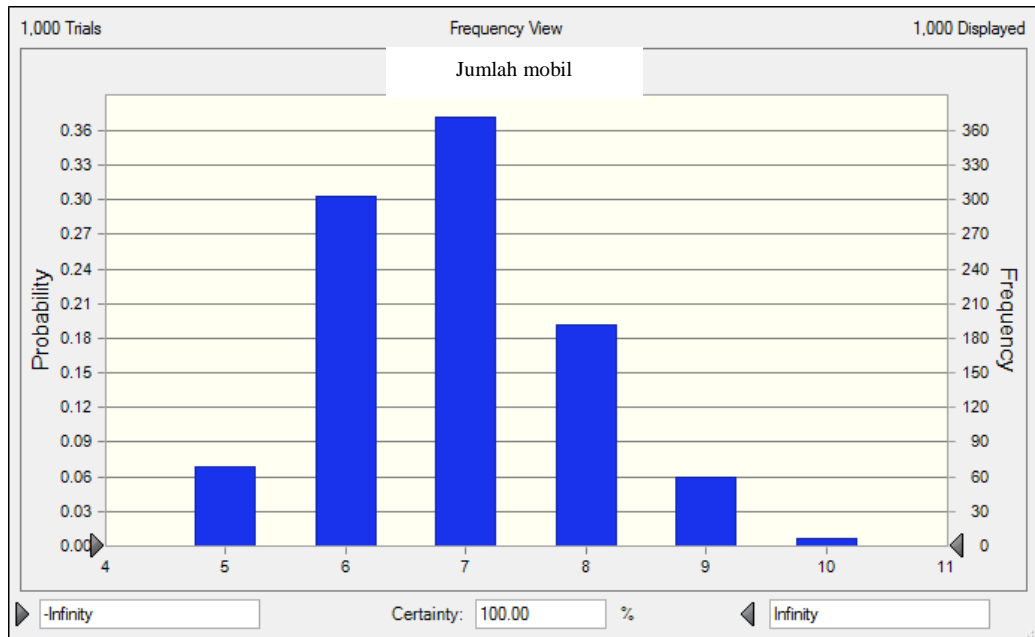
Gambar B.7. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



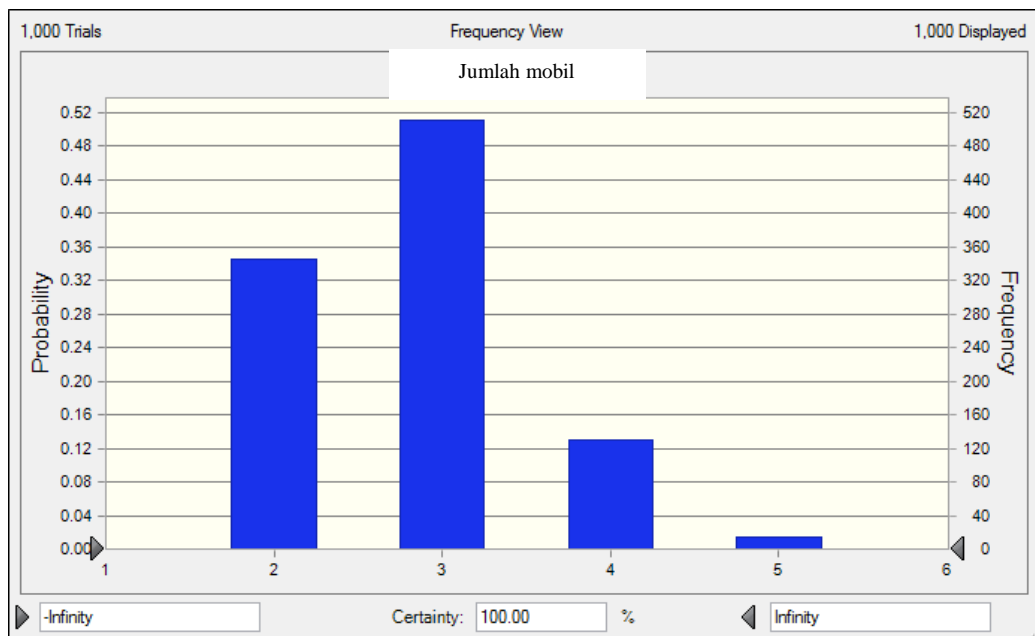
Gambar B.8. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



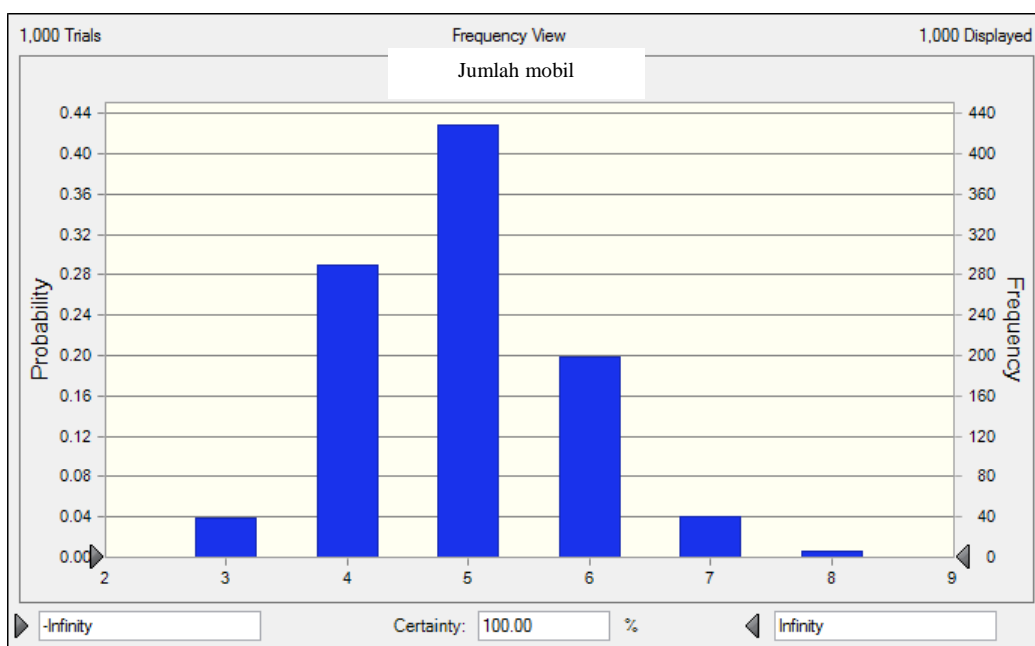
Gambar B.9. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-5) detik



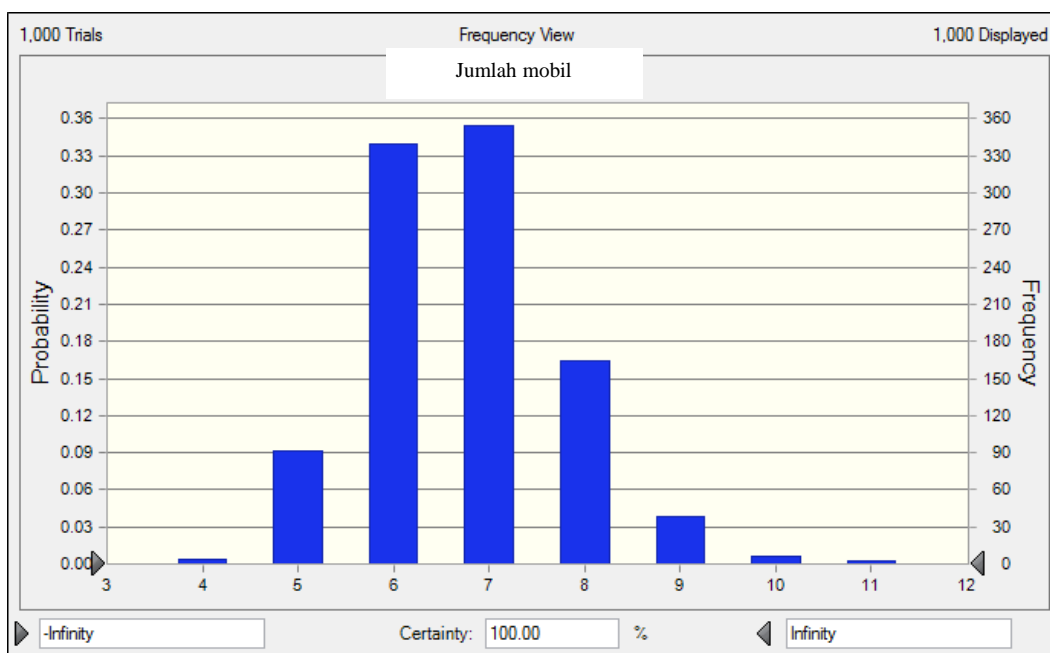
Gambar B.10. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik



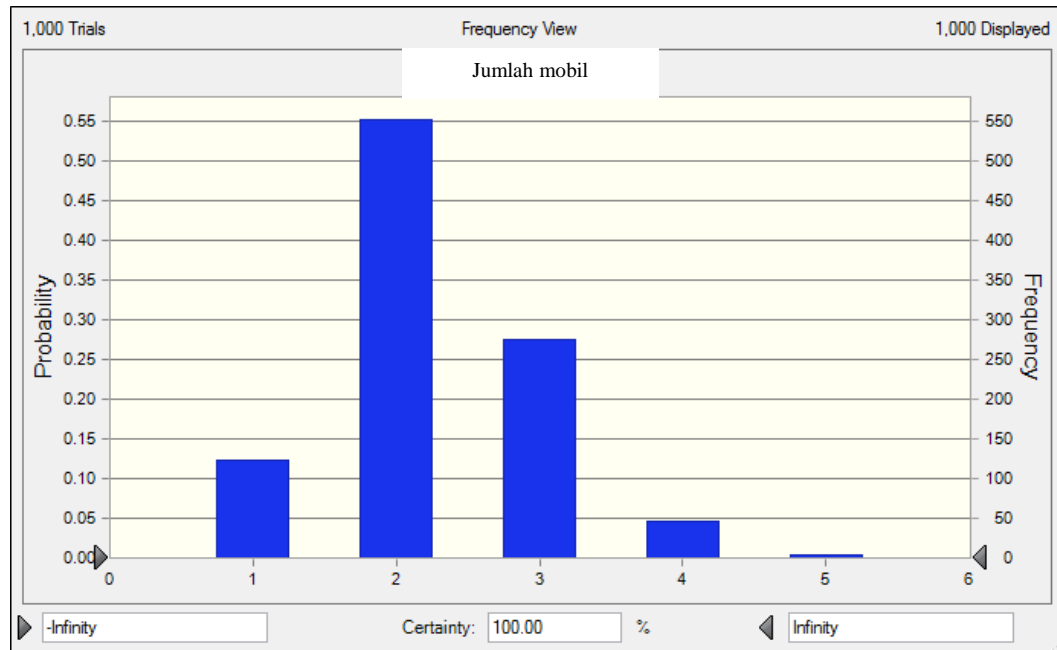
Gambar B.11. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik



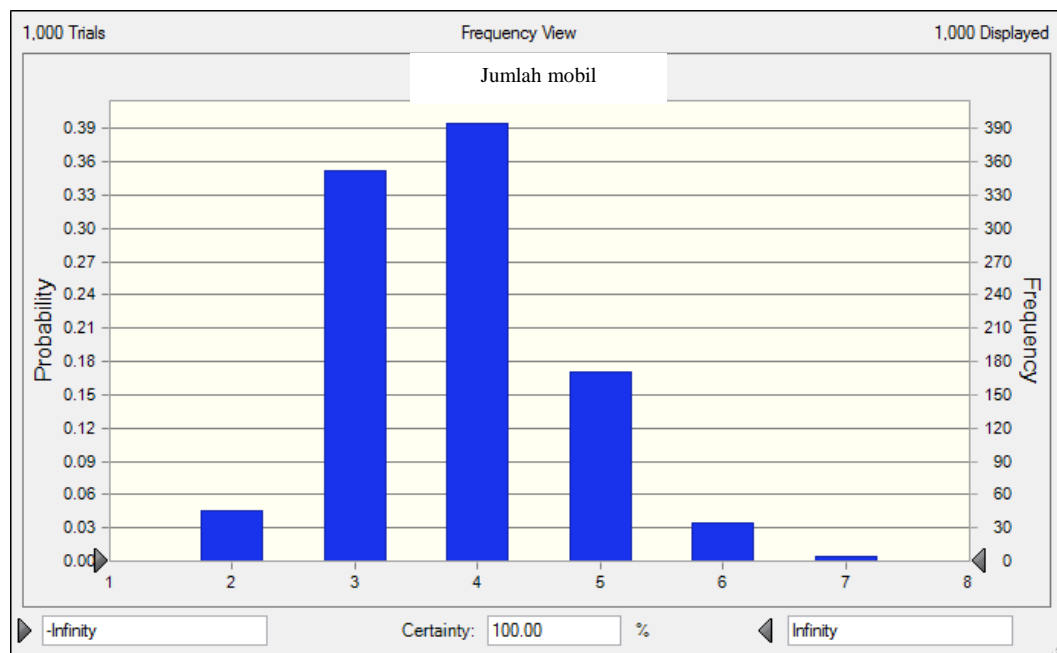
Gambar B.12. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-6) detik



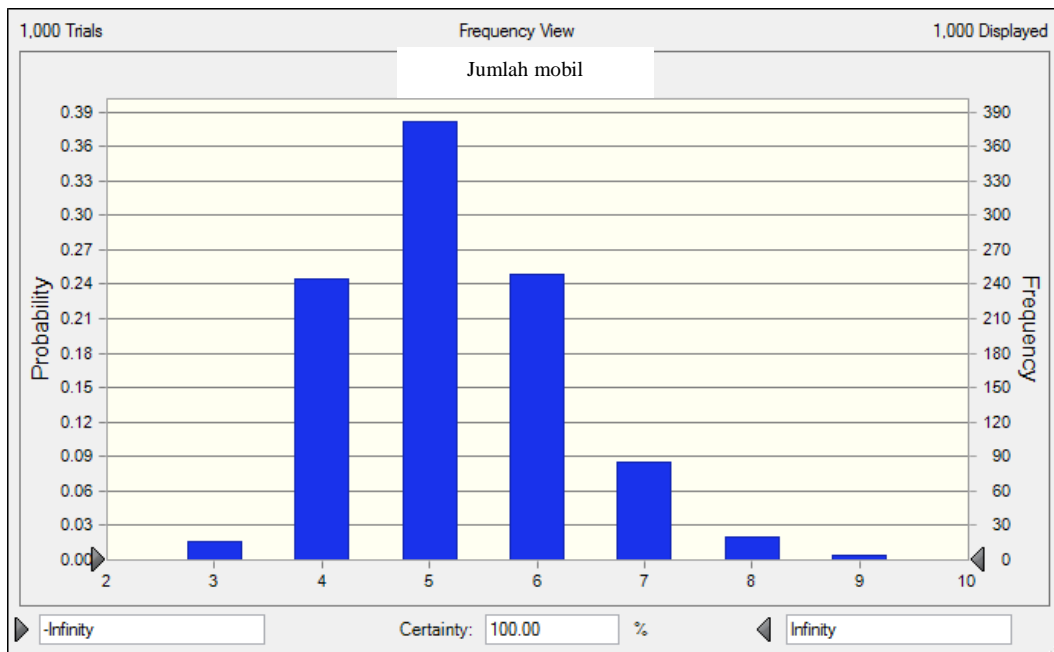
Gambar B.13. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



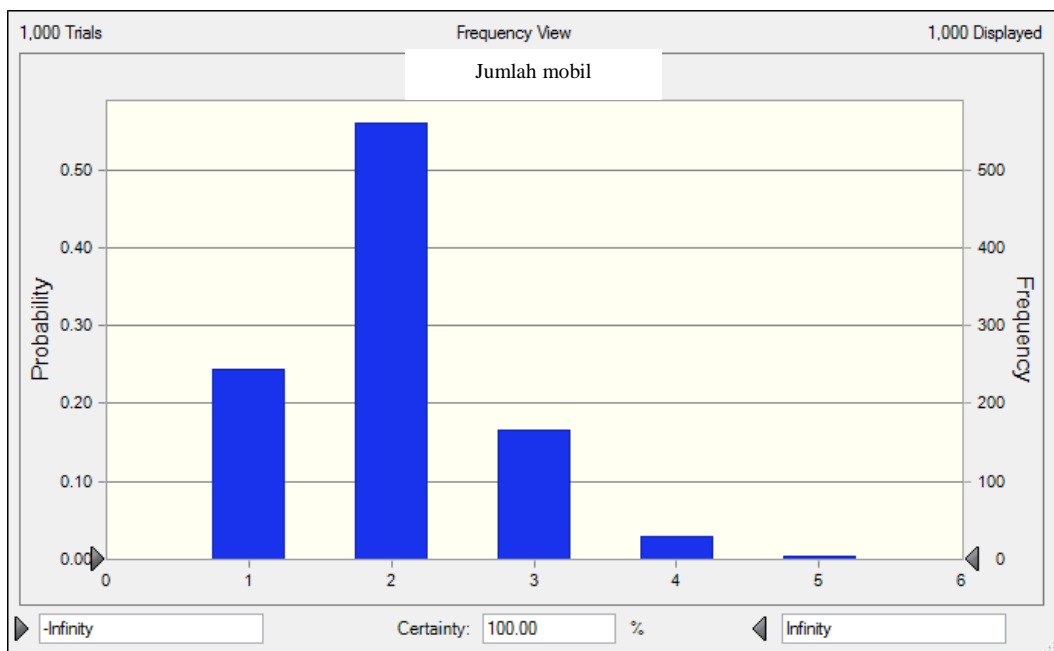
Gambar B.14. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



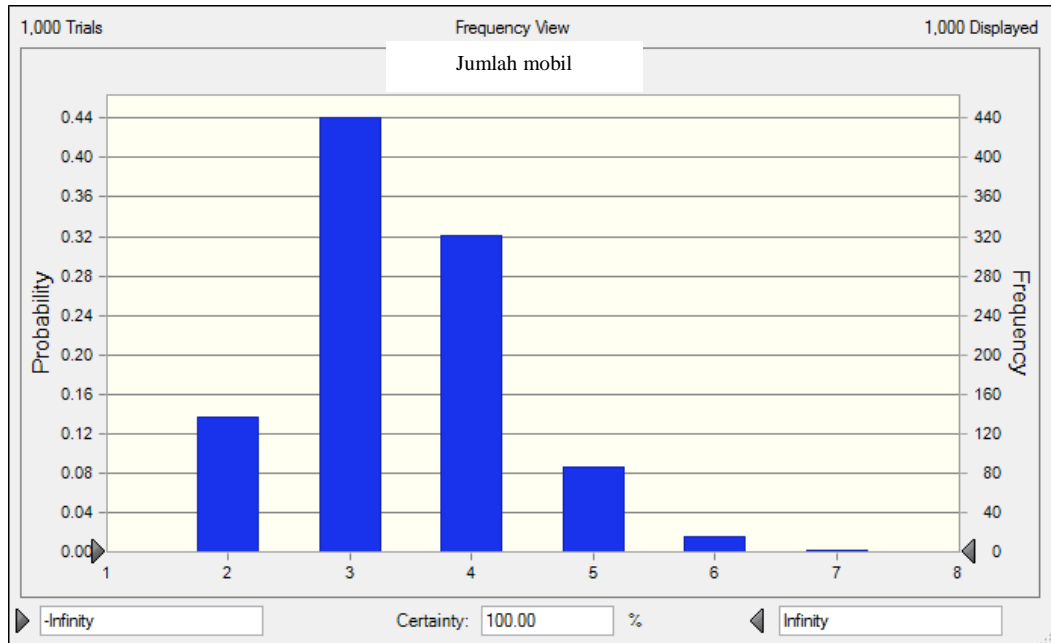
Gambar B.15. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-7) detik



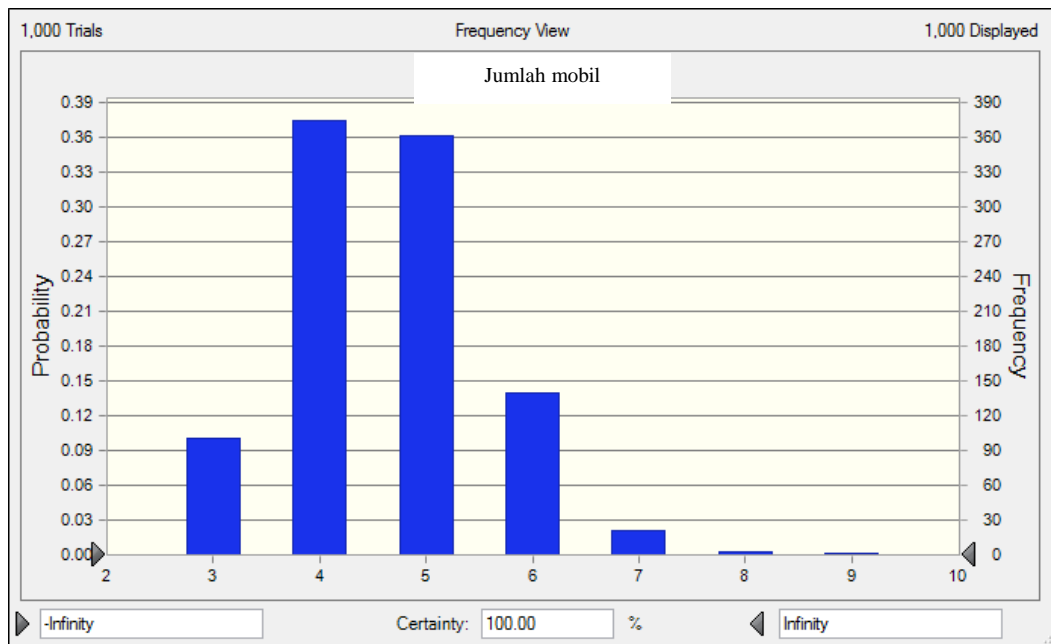
Gambar B.16. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



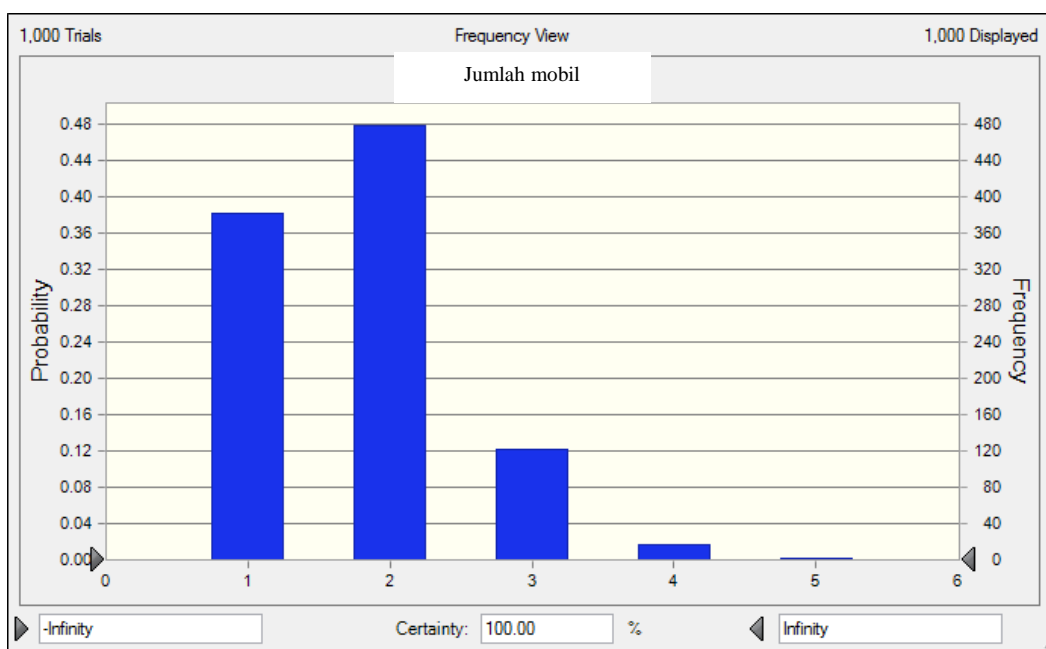
Gambar B.17. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



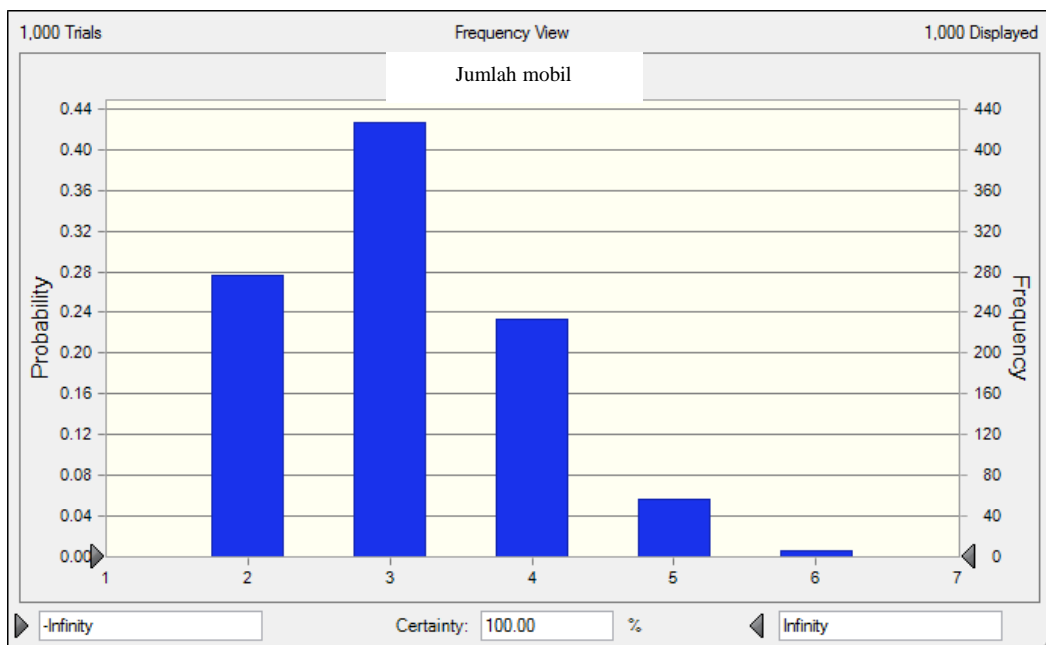
Gambar B.18. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-8) detik



Gambar B.19. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 13 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik

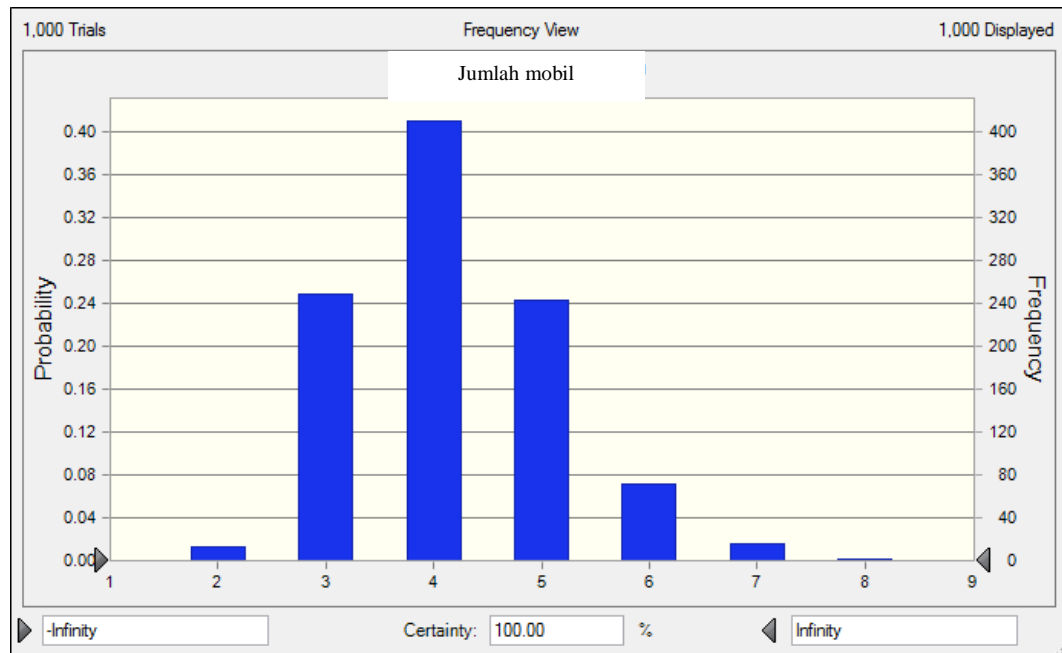


Gambar B.20. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 20 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik





Gambar B.21. Jumlah mobil yang melewati persimpangan selama 26 detik dengan rentang Start Mobil Jalan (1-9) detik



### LAMPIRAN 3

Lampiran 3. Menampilkan jumlah rata – rata mobil yang melewati persimpangan untuk 4 ruas jalan setelah 1000 replikasi.

Tabel. C.1. rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan setelah 1000 replikasi

| Ruas jalan 1 | Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|--------------|---------------------------|-------------|---|
|              | 2                         | 30          | 11.798  |
|              | 2                         | 45          | 18.276  |
|              | 2                         | 60          | 24.916  |
|              | 3                         | 30          | 9.868   |
|              | 3                         | 45          | 15.225  |
|              | 3                         | 60          | 20.421  |
|              | 4                         | 30          | 8.487   |
|              | 4                         | 45          | 12.915  |
|              | 4                         | 60          | 17.433  |
|              | 5                         | 30          | 7.56  |
|              | 5                         | 45          | 11.355  |
|              | 5                         | 60          | 15.252  |
|              | 6                         | 30          | 6.718   |
|              | 6                         | 45          | 10.177  |
|              | 6                         | 60          | 13.601  |
|              | 7                         | 30          | 6.2   |
|              | 7                         | 45          | 9.242   |
|              | 7                         | 60          | 12.265  |
|              | 8                         | 30          | 5.661   |
|              | 8                         | 45          | 8.312   |
|              | 8                         | 60          | 11.218  |

| Ruas jalan 2 | Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|--------------|---------------------------|-------------|---|
|              | 2                         | 30          | 12.335  |
|              | 2                         | 45          | 18.337  |
|              | 2                         | 60          | 24.849  |
|              | 3                         | 30          | 10.52   |
|              | 3                         | 45          | 15.283  |
|              | 3                         | 60          | 20.532  |
|              | 4                         | 30          | 9.105   |

|  |   |    |        |
|--|---|----|--------|
|  | 4 | 45 | 13.16  |
|  | 4 | 60 | 17.573 |
|  | 5 | 30 | 7.964  |
|  | 5 | 45 | 11.701 |
|  | 5 | 60 | 15.311 |
|  | 6 | 30 | 7.153  |
|  | 6 | 45 | 10.645 |
|  | 6 | 60 | 13.781 |
|  | 7 | 30 | 6.447  |
|  | 7 | 45 | 9.489  |
|  | 7 | 60 | 12.577 |
|  | 8 | 30 | 5.855  |
|  | 8 | 45 | 8.774  |
|  | 8 | 60 | 11.456 |

| Ruas jalan 3 | Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|--------------|---------------------------|-------------|---|
|              | 2                         | 30          | 12.008  |
|              | 2                         | 45          | 18.358  |
|              | 2                         | 60          | 25.024  |
|              | 3                         | 30          | 10.087  |
|              | 3                         | 45          | 15.229  |
|              | 3                         | 60          | 20.623  |
|              | 4                         | 30          | 8.722   |
|              | 4                         | 45          | 13.096  |
|              | 4                         | 60          | 17.556  |
|              | 5                         | 30          | 7.785   |
|              | 5                         | 45          | 11.504  |
|              | 5                         | 60          | 15.335  |
|              | 6                         | 30          | 7   |
|              | 6                         | 45          | 10.247  |
|              | 6                         | 60          | 13.656  |
|              | 7                         | 30          | 6.366   |
|              | 7                         | 45          | 9.322   |
|              | 7                         | 60          | 12.372  |
|              | 8                         | 30          | 5.834   |
|              | 8                         | 45          | 8.441   |
|              | 8                         | 60          | 11.307  |

| Ruas jalan 4 | Rentang start mobil jalan | Waktu hijau | Rata – rata jumlah mobil yang melewati persimpangan |
|--------------|---------------------------|-------------|---|
|              | 2                         | 30          | 12.08   |
|              | 2                         | 45          | 18.284  |
|              | 2                         | 60          | 24.77   |
|              | 3                         | 30          | 10.233  |
|              | 3                         | 45          | 15.204  |
|              | 3                         | 60          | 20.476  |
|              | 4                         | 30          | 9.984   |
|              | 4                         | 45          | 14.996  |
|              | 4                         | 60          | 20.253  |
|              | 5                         | 30          | 7.774   |
|              | 5                         | 45          | 11.514  |
|              | 5                         | 60          | 15.312  |
|              | 6                         | 30          | 6.998   |
|              | 6                         | 45          | 10.356  |
|              | 6                         | 60          | 13.729  |
|              | 7                         | 30          | 6.363   |
|              | 7                         | 45          | 9.394   |
|              | 7                         | 60          | 12.337  |
|              | 8                         | 30          | 5.884   |
|              | 8                         | 45          | 8.585   |
|              | 8                         | 60          | 11.303  |



#### BIODATA PENULIS

Heru Tri Ahmanto yang akrab dipanggil heru lahir di Banyuwangi pada tanggal 18 Desember 1988. Sejak TK hingga SMA pendidikannya ditempuh di kecamatan Rogojampi kabupaten Banyuwangi. Ia menyelesaikan pendidikan taman kanak – kanak di TK bunga bangsa pada tahun 1995 dan melanjutkan pendidikan sekolah dasar (SD) di SD Negeri lemahbang dewoII pada tahun 2001, kemudian menempuh pendidikan sekolah menengah pertama (SMP) Negeri 3 rogojampi pada tahun 2004, dan melanjutkan pendidikan disekolah menengah atas di (SMA) Negeri 1 rogojampi dan lulus pada tahun 2007, Setelah lulus SMA, penulis memilih untuk melanjutkan pendidikan sarjana di Universitas Jember (UNEJ) bidang studi matematika dalam fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam (MIPA) universitas jember dengan mengambil konsentrasi matematika statistika. Setelah lulus dalam program sarjana pada tahun 2012, kurang dari setahun penulis mendapatkan peluang beasiswa untuk melanjutkan studi dalam jenjang pendidikan program pasca sarjana di institut teknologi sepuluh nopember (ITS) surabaya pada tahun 2013 dalam program studi teknik informatika fakultas teknologi dan informasi. Apabila pembaca ingin mendiskusikan penelitian atau memberika kritik dan saran tentang isi dari penelitian ini dapat menghubungi melalui email [h3ru\\_3ahmanto@yahoo.co.id](mailto:h3ru_3ahmanto@yahoo.co.id).